



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

Universitat de Lleida  
Escola Politècnica Superior  
Enginyeria Tècnica Industrial, especialitat en Mecànica

Projecte final de carrera

**Disseny de calefacció amb terra radiant d'una casa a l'horta de  
Lleida mitjançant energia geotèrmica**

Autor: Jordi Fillat Sobrino  
Director: Cristian Solé Cutrona  
Octubre de 2007



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

## 0. ÍNDEX GENERAL



## **Índex general**

### **Volum I: Índex general i memòria**

0.	ÍNDEX GENERAL .....	2
	Índex general .....	3
	Índex de taules .....	6
	Índex de figures .....	9
1.	MEMÒRIA .....	11
	Full d'identificació .....	12
	Índex de la memòria .....	13
1.1.	INTRODUCCIÓ .....	15
1.1.1.	Energies renovables .....	15
1.1.2.	Anàlisi de diferents tipus d'energies renovables .....	17
1.1.3.	Energia geotèrmica .....	20
1.1.4.	Consum energètic actual .....	31
1.2.	OBJECTE I ABAST .....	34
1.3.	ANTECEDENTS .....	35
1.4.	NORMES I REFERÈNCIES .....	36
1.4.1.	Normativa aplicable .....	36
1.5.	BIBLIOGRAFIA .....	37
1.6.	DEFINICIONS I ABREVIACIONS .....	38
1.6.1.	Definicions de les variables .....	38
1.6.2.	Abreviacions .....	43
1.7.	ESPECIFICACIONS DE DISSENY .....	44
1.7.1.	Descripció de la parcel·la .....	44
1.7.2.	Descripció arquitectònica de la vivenda .....	44
1.7.3.	Dependències .....	45
1.7.4.	Tancaments .....	46
1.7.5.	Necessitats energètiques de la vivenda .....	53
1.8.	ANÀLISIS DE SOLUCIONS .....	54
1.8.1.	Condicions de confort .....	54
1.8.2.	Sistemes de calefacció .....	55
1.8.3.	Sistemes refrigeració .....	59
1.8.4.	Selecció del sistema de calefacció .....	59
1.8.5.	Selecció de la bomba geotèrmica .....	78
1.9.	RESULTATS FINALS .....	81
1.9.1.	Descripció general de la instal·lació .....	81
1.9.2.	Circuit primari .....	81
1.9.3.	Circuit secundari .....	84
1.9.4.	Regulació de la instal·lació .....	88



---

1.10.	PLANIFICACIÓ .....	90
1.10.1.	Definició de les tasques .....	90
1.10.2.	Diagrama de Gantt.....	92
1.11.	CONCLUSIONS .....	93
1.12.	AGRAÏMENTS .....	94
2.	ANNEX .....	95
Índex de l'annex .....		96
2.1.	Càlculs .....	97
2.1.1.	Càlculs de les càrregues tèrmiques .....	97
2.1.2.	Resultats obtinguts.....	98
2.1.3.	Resum dels càlculs de les càrregues tèrmiques .....	133
2.2.	Càlcul de l'energia necessària per la calefacció .....	134
2.2.1.	Càrregues calefacció.....	134
2.3.	Dimensionament del terra radiant.....	138
2.3.1.	Mètode de càlcul.....	138
2.4.	Fluid del bescanviador geotèrmic.....	147
2.4.1.	Càlcul cabal bescanviador .....	150
2.5.	Dimensionament del vas d'expansió .....	151
2.5.1.	Mètode de càlcul.....	151
2.5.2.	Vas d'expansió del bescanviador. ....	152
2.5.3.	Vas d'expansió del terra radiant. ....	156
2.6.	Càlculs pèrdues de càrrega .....	158
2.6.1.	Mètode de càlcul.....	158
2.6.2.	Pèrdues de càrrega en el circuit primari .....	160
2.7.	Aïllament de les canonades .....	161
2.8.	Dimensionament del bescanviador .....	163
2.8.1.	Càlcul justificatiu de la longitud del bescanviador de calor terra - aigua... 163	
2.8.2.	Càlcul simplificat de la longitud del bescanviador de calor terra - aigua.. 177	
2.9.	Càlcul numèric del bescanviador.....	181
2.10.	Seguretat .....	182
2.10.1.	Ordre i neteja .....	182
2.10.2.	Transport manual.....	182
2.10.3.	Eines manuals .....	182
2.10.4.	Manipulació de fluids .....	182
3.	PLÀNOLS .....	183
Índex dels plànols .....		184
4.	PLEC CONDICIONS .....	185
Índex del plec de condicions .....		186
4.1.	CONDICIONS GENERALS.....	187
4.1.1.	Interpretació del plec .....	187



---

4.1.2.	Objecte del plec .....	187
4.1.3.	Normativa .....	187
4.2.	REQUISITS .....	189
4.2.1.	Requisits de la instal·lació d'energia geotèrmica .....	189
4.2.2.	Requisits del terra radiant .....	194
4.3.	Fulls d'especificacions .....	199
5.	ESTAT D'AMIDAMENTS .....	216
Índex de l'estat d'amidaments .....		217
5.1.	Relació de partides .....	218
5.2.	Estat d'amidaments per partides .....	219
5.2.1.	Partida 1: Circuit primari .....	219
5.2.2.	Partida 2: Circuit secundari .....	219
6.	PRESSUPOST .....	221
Índex pressupost .....		222
6.1.	Preus unitaris .....	223
6.1.1.	Preus unitaris partida 1 .....	223
6.1.2.	Preus unitaris partida 2 .....	223
6.2.	Pressupost per partides .....	225
6.2.1.	Pressupost de la partida 1 .....	225
6.2.2.	Pressupost de la partida 2 .....	225
6.2.3.	Resum del pressupost per partides .....	226
6.3.	Pressupost general .....	227



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

## **Índex de taules**

### **1. Taules de la memòria**

Taula 1.1. Gràfica de les energies renovables a Espanya.....	16
Taula 1.2. Comparativa de les solucions dels sistemes geotèrmics.....	29
Taula 1.3. Dependències de la vivenda.....	46
Taula 1.4. Descripció mur exterior.....	46
Taula 1.5. Descripció paret mitjanera.....	47
Taula 1.6. Paviment planta baixa.....	47
Taula 1.7. Descripció sostre planta baixa i terra primera planta (no climatitzat).....	47
Taula 1.8. Descripció sostre planta baixa i terra planta primera (climatitzat).....	47
Taula 1.9. Descripció sostre teulada.....	48
Taula 1.10. Descripció finestra 1 cuina-menjador.....	48
Taula 1.11. Descripció finestra 2 cuina-menjador.....	48
Taula 1.12. Descripció porta entrada.....	49
Taula 1.13. Descripció porta cuina-menjador amb garatge.....	49
Taula 1.14. Descripció finestra 1 sala d'estar.....	49
Taula 1.15. Descripció finestra 2 sala d'estar.....	49
Taula 1.16. Descripció porta del balcó.....	50
Taula 1.17. Descripció porta habitació 1.....	50
Taula 1.18. Descripció porta escales.....	50
Taula 1.19. Descripció finestra 1 habitació 1.....	50
Taula 1.20. Descripció finestra 2 habitació 2.....	51
Taula 1.21. Descripció finestra 3 habitació 1.....	51
Taula 1.22. Descripció porta 2 passadís.....	51
Taula 1.23. Descripció finestra 1 habitació 2.....	51
Taula 1.24. Descripció porta habitació 3.....	52



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

Taula 1.25. Descripció finestra 1 habitació 3.....	52
Taula 1.26. Descripció porta lavabo.....	51
Taula 1.27. Descripció finestra 1 lavabo.....	52
Taula 1.28. Resultats de les càrregues tèrmiques de la vivenda.....	53
Taula 1.29. Resultats dels càlculs de l'energia total.....	53
Taula 1.30. Models de bomba geotèrmica Ciatesa.....	80
Taula 1.31. Elements del circuit primari.....	82
Taula 1.32. Elements del circuit secundari.....	84
Taula 1.33. Resultats dels càlculs de la instal·lació del terra radiant.....	86

## **2. Taules de l'annex**

Taula 2.1 Resum càlculs càrregues tèrmiques.....	133
Taula 2.2 Taula de dades anuals sobre ciutat de Lleida.....	135
Taula 2.3 Potència consumida en un dia de gener.....	135
Taula 2.4 Energia consumida en un dia de gener.....	136
Taula 2.5 Resultats dels càlculs de l'energia tèrmica de calefacció.....	137
Taula 2.6 coeficients correctors de la potència emissora.....	138
Taula 2.7 Temperatures màximes en règim permanent recomanables per a la superfície de la terra.....	141
Taula 2.8 Metres lineals necessaris per m <sup>2</sup> de circuit en funció de la distància de separació entre tubs i superfície màxima recomanada.....	143
Taula 2.9 Resultats dels càlculs de la instal·lació del terra radiant.....	146
Taula 2.10. Temperatures mínimes obtingudes en el Servei Meteorològic de Catalunya....	147
Taula 2.11. Propietats fluid caloportador.....	150
Taula 2.12. Resultat de les pèrdues de càrrega.....	160
Taula 2.13. Espessor de l'aïllant en mil·límetres en funció del diàmetre exterior de la canonada.....	161



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

Taula 2.14. Espessor de l'aïllant Armaflex SH.....	162
Taula 2.15. Resistència global segons configuració de tubs.....	178
Taula 2.16. Longitud circuits segons configuració sistema horitzontal.....	179

#### **4. taula del plec de condicions**

Taula 4.1. Característiques bomba calor.....	200
Taula 4.2. Característiques sonda de temperatura.....	201
Taula 4.3. Característiques purgador automàtic.....	202
Taula 4.4. Característiques termòstat.....	203
Taula 4.5. Característiques terra radiant.....	204
Taula 4.6. Característiques distribuïdor.....	205
Taula 4.7. Característiques distribuïdor.....	206
Taula 4.8. Característiques caixa del distribuïdor.....	207
Taula 4.9. Característiques caixa del distribuïdor.....	208
Taula 4.10. Característiques centraleta regulació.....	209
Taula 4.11. Característiques vàlvula de bola.....	210
Taula 4.12. Característiques vàlvula de seguretat.....	211
Taula 4.13. Característiques vàlvula de 3 vies.....	212
Taula 4.14. Característiques servomotor.....	213
Taula 4.15. Característiques manòmetre.....	214
Taula 4.16. Característiques detentor.....	215





Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

## **Índex de figures**

### **1. Figures de la memòria**

Fig 1.1: Esquema bescanviador de calor terrestre horitzontal i en espiral.....	24
Fig 1.2: Esquema de bescanviador de calor terrestre vertical.....	26
Fig 1.3: Esquema de calefacció Terra/terra.....	27
Fig 1.4: Esquema de climatització terra/aigua.....	27
Fig 1.5: Esquema de climatització aigua/aigua.....	28
Fig 1.6. Exemple de distribució de temperatures en una vivenda.....	60
Fig 1.7. Distribució de temperatures dels diferents tipus de calefaccions.....	61
Fig 1.8. Pèrdues de calor en tuberies.....	63
Fig 1.9. Tall en la secció d'un terra radiant.....	69
Fig 1.10. Distribució en serpentí simple.....	76
Fig 1.11. Distribució en doble serpentí.....	77
Fig 1.12. Distribució en espiral.....	78

### **2. Figures de l'annex**

Fig 2.1 Factor de correcció $c_{pv}$ segons el tipus i l'espessor del paviment.....	139
Fig 2.2 Temperatura de la superfície del paviment en funció de la seva emissivitat tèrmica.....	140
Fig 2.3 Emissió tèrmica del terra en funció del salt tèrmic i de la distància de separació de tubs.....	142
Fig 2.4 Caiguda de pressió en les canonades.....	145
Fig. 2.5. Concentració de propilenglicol segons la temperatura de congelació.....	148
Fig. 2.6. Densitat del propilenglicol segons la concentració i la temperatura de treball.....	148



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

Fig. 2.7. Calor específic del propilenglicol segons la concentració i la temperatura de treball.....	149
Fig. 2.8. Viscositat cinemàtica del propilenglicol segons la concentració i la temperatura de treball.....	149
Fig 2.9. Pes específic del propilenglicol en funció de la seva temperatura.....	153
Fig. 2.10. Equivalència de diàmetres i resistències tèrmiques.....	169
Fig 2.11. Ajustos de resistències tèrmiques.....	169
Fig 2.12. Factor de l'augment de temperatura del subsòl.....	172
Fig 2.13. Representació dels cilindres per emmagatzematge de calor.....	174



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

# 1. MEMÒRIA



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

### **Full d'identificació**

#### **Dades del projecte:**

Títol: Disseny de calefacció amb terra radiant d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant energia geotèrmica.

Ubicació: L'horta de Lleida, Albatàrrec

#### **Dades del promotor:**

Nom i cognoms: Enric Fillat Gabarrell

N.I.F.:

Direcció postal: Plaça Espanya nº 1, 2º G  
25002, Lleida

Telefon: 973269905

#### **Dades del projectista:**

Nom i cognoms: Jordi Fillat Sobrino

N.I.F.: 43729147-Y

Direcció postal: Plaça Espanya nº 1, 2º G  
25002, Lleida

Telefon: 649659966

Signen els anteriorment mencionats:

El Promotor

El projectista



## **Índex de la memòria**

Full d'identificació .....	12
Índex de la memòria .....	13
1.1. INTRODUCCIÓ.....	15
1.1.1. Energies renovables.....	15
1.1.2. Anàlisi de diferents tipus d'energies renovables.....	17
1.1.2.1. Energia geotèrmica.....	17
1.1.2.2. Energia solar.....	17
1.1.2.3. Energia eòlica.....	18
1.1.2.4. Energia de la biomassa.....	19
1.1.2.5. Energia hidràulica.....	19
1.1.3. Energia geotèrmica.....	20
1.1.3.1. Avantatges e inconvenients de l'energia geotèrmica.....	30
1.1.4. Consum energètic actual.....	31
1.1.4.1. El Protocol de Montreal.....	31
1.1.4.2. El Protocol de Kyoto.....	31
1.1.4.3. Situació energètica a Europa.....	32
1.1.4.4. Situació energètica a Catalunya.....	32
1.2. OBJECTE I ABAST.....	34
1.3. ANTECEDENTS .....	35
1.4. NORMES I REFERÈNCIES.....	36
1.4.1. Normativa aplicable.....	36
1.5. BIBLIOGRAFIA .....	37
1.6. DEFINICIONS I ABREVIACIONS.....	38
1.6.1. Definicions de les variables.....	38
1.6.1.1. Definicions en el càlcul d'energia necessària per calefacció.....	38
1.6.1.2. Definicions en el càlcul d'energia necessària pel terra radiant.....	38
1.6.1.3. Definicions en el càlcul d'energia necessària pel bescanviador.....	39
1.6.2. Abreviacions.....	43
1.7. ESPECIFICACIONS DE DISSENY .....	44
1.7.1. Descripció de la parcel·la.....	44
1.7.2. Descripció arquitectònica de la vivenda.....	44
1.7.3. Dependències.....	45
1.7.4. Tancaments.....	46
1.7.5. Necessitats energètiques de la vivenda.....	53
1.8. ANÀLISIS DE SOLUCIONS .....	54
1.8.1. Condicions de confort.....	54
1.8.2. Sistemes de calefacció.....	55
1.8.2.1. Sistema de caldera amb radiadors d'aigua.....	55



---

1.8.2.2.	Calefacció elèctrica.....	56
1.8.2.3.	Calefacció per aire calent .....	56
1.8.2.4.	Calefacció per terra radiant.....	56
1.8.2.5.	Bomba de calor.....	57
1.8.3.	Sistemes refrigeració .....	59
1.8.4.	Selecció del sistema de calefacció.....	59
1.8.4.1.	Característiques del terra radiant .....	60
1.8.4.2.	Fonts de calor .....	61
1.8.4.3.	Avantatges del terra radiant.....	62
1.8.4.4.	Estalvi energètic d'una calefacció amb terra radiant.....	63
1.8.4.5.	Característiques constructives del terra radiant .....	69
1.8.4.6.	Per què utilitzar el sistema de terra radiant?.....	70
1.8.4.7.	Elements de la instal·lació de terra radiant .....	71
1.8.4.8.	Tipus de circuits i les seves variants.....	75
1.8.5.	Selecció de la bomba geotèrmica .....	78
1.9.	RESULTATS FINALS .....	81
1.9.1.	Descripció general de la instal·lació .....	81
1.9.2.	Circuit primari .....	81
1.9.2.1.	Característiques del bescanviador .....	82
1.9.2.2.	Bomba calor aigua-aigua.....	82
1.9.2.3.	Canonades.....	82
1.9.2.4.	Bomba circulació.....	83
1.9.2.5.	Vas expansió.....	83
1.9.2.6.	Altres elements .....	83
1.9.3.	Circuit secundari.....	84
1.9.3.1.	Terra radiant .....	85
1.9.3.2.	Canonades.....	86
1.9.3.3.	Bomba de circulació terra radiant.....	86
1.9.3.4.	Vas expansió.....	87
1.9.3.5.	Altres elements .....	87
1.9.4.	Regulació de la instal·lació .....	88
1.9.4.1.	Centralita de regulació .....	88
1.9.4.2.	Control de la instal·lació.....	88
1.10.	PLANIFICACIÓ .....	90
1.10.1.	Definició de les tasques .....	90
1.10.2.	Diagrama de Gantt.....	92
1.11.	CONCLUSIONS .....	93
1.12.	AGRAÏMENTS .....	94



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

## 1.1. INTRODUCCIÓ

### 1.1.1. Energies renovables

Les energies renovables es caracteritzen perquè són fonts d'energia que de manera natural i periòdica es posen a disposició de l'home. És a dir, es renoven de forma contínua i tenen un comportament oposat al dels combustibles fòssils, que s'extingeixen en un termini de temps més o menys llarg.

Es consideren energies renovables aquelles que tenen el seu origen en la radiació solar. Això significa que no només és renovable l'energia solar produïda directament per la radiació de la llum sinó que també són energies renovables, desencadenades pel calentament de la superfície de la Terra, l'energia hidràulica i l'eòlica. Tanmateix, es solen considerar energies renovables les que aparentment són inesgotables a l'estar causades per fenòmens físics de gran envergadura com la geotèrmica i les marees.

Un dels grans problemes de la humanitat és la seva dependència dels combustibles fòssils, ja que provoquen un fort impacte ambiental a més de diversos trastorns econòmics. El repte està en aconseguir un increment en l'ús de les energies alternatives i renovables que permeti anar substituïnt paulatinament aquests combustibles o, disminuir-ne el seu ús o, si més no, reduir-ne la seva dependència. La principal avantatge de les energies renovables és el seu menor impacte ambiental ja que redueix el nombre de contaminants a l'atmosfera però, a més, la seva distribució territorial és més dispersa i menys concentrada.

L'encariment de les gasolines i els seus derivats ha evidenciat amb més força que mai la dependència que pateixen la majoria de països respecte a aquest combustible fòssil, el petroli, i totes les mirades ara van dirigides cap a les energies renovables, que són inesgotables a escala humana degut a que la seva font d'emissió, el Sol, no contamina.

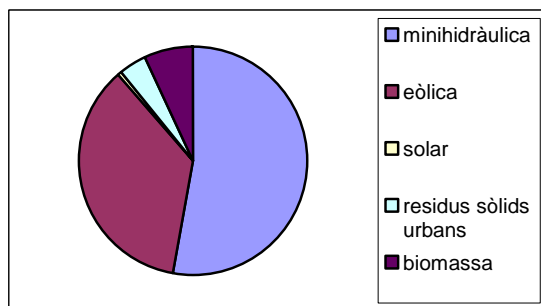
A Espanya, les renovables només suposen un 6,3% del total del consum energètic, una implantació semblant al 5,8% de mitja de la Unió Europea però encara lluny del 12% establert com objectiu per al 2010 a la Cambra del Clima celebrada a Kyoto. El ritme lent

de la implantació d'infraestructures d'energies renovables (plaques solars, aerogeneradors...) no permetrà assolir els valors marcats en el període de temps fixat.

Aprofitar els recursos naturals com el vent o el Sol per produir energia afavoreix la conservació del medi ambient. Entre les principals avantatges, una de les més rellevants és que les energies renovables no produeixen emissions de CO<sub>2</sub> o altres gasos contaminants a l'atmosfera, quelcom que sí passa amb els combustibles fòssils com el petroli o el carbó. A més a més, no generen residus de difícil tractament, al contrari que l'energia nuclear. Com a dada, l'estudi del IDAE "Impactos Ambientales de la Producción Eléctrica" de l'any 2000, indica que la generació d'1 kWh en una planta de carbó produeix un dany entre 250 i 350 vegades superior al d'1 kWh en una petita central hidroelèctrica.

Altres avantatges referides al camp socioeconòmic, són que les energies són autòctones i no depenen d'un comerç focalitzat, com és actualment el del petroli. Països de clima paregut a l'espanyol, amb Sol i zones de vent importants, podrien minimitzar així la seva dependència econòmica de l'exterior i afavorir el desenvolupament de tecnologies pròpies.

Les renovables més importants al nostre país són la minihidràulica (suposa el 53% de la potència instal·lada de les que generen electricitat) i l'eòlica, que representa el 36%. En canvi l'energia solar només significa el 0,3% de potència elèctrica en energies renovables. Els residus sòlids urbans es queden amb un 4% i el consum de biomassa arriba al 7%, tal i com es veu en la Taula 1.1.



**Taula 1.1. Gràfica de les energies renovables a Espanya**





Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

Es poden definir cinc grups d'energies renovables actualment en explotació al nostre entorn. Totes provenen de recursos renovables, es a dir, recursos nets. Aquests grans grups són: energia geotèrmica, solar, eòlica, hidràulica i biomassa.

### **1.1.2. Anàlisi de diferents tipus d'energies renovables**

#### **1.1.2.1. Energia geotèrmica**

L'energia geotèrmica correspon a l'energia calorífica continguda a l'interior de la Terra que es transfereix per conducció tèrmica cap a la superfície, la qual és un recurs parcialment renovable i d'elevada disponibilitat. El conjunt de tècniques utilitzades per l'exploració, avaluació i explotació de l'energia interna de la Terra es coneix com geotèrmica.

Hi ha dos tipus fonamentals d'àrees tèrmiques. El primer són les anomenades hidrotèrmiques, que contenen aigua a alta pressió i temperatura emmagatzemada sota l'escorça de la terra en una roca permeable pròxima a una font de calor. L'altre tipus d'àrea tèrmica són els sistemes de roca calenta, formats per capes de roca impermeable que recobreixen un focus calòric. Per aprofitar aquest últim es perfora fins arribar al focus calorífic, s'injecta aigua freda i aquesta s'utilitza una vegada calentada.

#### **1.1.2.2. Energia solar**

L'energia solar és l'energia obtinguda directament del Sol. És una energia renovable i neta (el que es coneix com energia verda). La potència de la radiació varia segons el moment del dia, les condicions atmosfèriques que l'amorteixen i la latitud. Es pot assumir que en bones condicions ambientals de radiació global pot arribar a ser superior als  $1000 \text{ W/m}^2$  en la superfície terrestre.

L'energia solar es pot aprofitar de dues maneres: produint electricitat, o aprofitant la calor del Sol:



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

Energia solar tèrmica: es produeix en instal·lacions destinades a captar l'efecte tèrmic de la radiació solar i transferir-lo a determinats fluids. Es pot realitzar en instal·lacions de baixa, mitja, i alta temperatura, en funció de que la captació sigui directa, de baix índex de concentració o d'alt índex de concentració.

Energia solar fotovoltaica: és el tipus d'energia basada en l'aplicació de l'efecte fotovoltaic que es produeix a l'incidir la llum sobre materials semiconductors per produir energia elèctrica. Aquestes instal·lacions poden ser aïllades, o connectades a la xarxa.

#### 1.1.2.3. Energia eòlica

L'energia continguda en el vent està començant a aprofitar-se a gran escala mitjançant la utilització de generadors eòlics.

Aquesta tecnologia permet la transformació de l'energia continguda en el vent en forma d'energia cinètica i aquesta, a la vegada, transformar-la en electricitat.

Els sistemes més desenvolupats consisteixen en agrupacions de varies màquines eòliques (parcs eòlics) amb l'objectiu d'aportar energia elèctrica a la xarxa.

Aquests parcs, malgrat generar una energia lliure de càrregues contaminants, són fruit de múltiples controvèrsies degut a que normalment s'instal·len en paratges amb un elevat valor ecològic. Per això són acusats de causar danys sobre la fauna avícola a més a més de la coneguda contaminació visual.

Com generalment fa més vent a l'hivern que a l'estiu i amb l'energia fotovoltaica passa al contrari, els aerogeneradors poden ser el complement perfecte per instal·lacions fotovoltaïques en llocs amb condicions adequades.



#### 1.1.2.4. Energia de la biomassa

L'idea d'aprofitar la biomassa amb finalitats energètiques no és nova. Des de fa molts anys, l'ésser humà ha utilitzat com combustible fusta i excrements dessecats dels ramats.

El concepte de biomassa és molt extens i comprèn tot tipus de matèria orgànica, tant d'origen vegetal com animal, i està formada gràcies a la fotosíntesis. La major part dels components de la biomassa es poden utilitzar com combustibles, cremant-los o transformant-los en altres formes de combustible com el biogàs o biocombustibles.

Utilitzar la biomassa com a combustible és un recurs renovable ja que es produeix a la mateixa velocitat del consum, sempre i quan el consum sigui controlat i s'eviti la sobreexplotació dels recursos naturals. La biomassa té un balanç neutre en emissions de CO<sub>2</sub>. Realitzada en les condicions adequades, la combustió de biomassa produeix aigua i CO<sub>2</sub>, però la quantitat emesa d'aquest gas (principal responsable de l'efecte hivernacle), va ser captada previament per les plantes durant el seu creixement. Es a dir, el CO<sub>2</sub> de la biomassa viva forma part d'un fluxe de circulació natural entre l'atmosfera i la vegetació, pel que no suposa un increment del gas hivernacle a l'atmosfera (sempre que la vegetació es renovi a la mateixa velocitat que es degrada).

#### 1.1.2.5. Energia hidràulica

El Sol és l'origen d'aquesta font d'energia ja que a l'evaporar l'aigua dels oceans, llacs i rius dóna lloc al cicle d'aigua. L'aigua en el seu transcurs per la superfície terrestre té tendència, degut a la gravetat, a ocupar les posicions baixes i l'energia que aquestes caigudes produeixen és explotable per les centrals hidroelèctriques.

Per a poder aprofitar l'aigua amb finalitats de producció d'energia es necessita establir un circuit hidràulic compost per l'obra de presa (*dic* si és molt gran) que faci de barrera a l'aigua i els canals d'entrada, de conducció forçada i de sortida d'aigua. L'aigua és derivada i a pressió fins la central, on fa girar les turbines que alhora fan girar els alternadors els quals, en voltar, generen l'energia elèctrica.



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

De totes les fonts d'energia renovables la hidràulica va ésser la primera que va assolir un desenvolupament a gran escala. De fet, l'electrificació de Catalunya va basar-se en les seves primeres dècades en l'energia hidroelèctrica.

### 1.1.3. Energia geotèrmica

La geotèrmica és una font d'energia recomanable lligada a volcans, geisers, aigües termals i zones tectòniques geològicament recents, és a dir amb activitats en els últims deu o vint mil anys a l'escorça terrestre. Per poder obtenir aquesta energia és necessari la presència de jaciments d'aigua calenta prop d'aquestes zones.

La temperatura del fluid portador pot ser alta, mitja o baixa depenent de la tipologia del jaciment geotèrmic.

#### - Energia geotèrmica d'alta temperatura.

Els recursos geotèrmics d'alta temperatura (més de 150°C i una pressió de 7 o 8 bar) s'utilitzen principalment en la producció d'energia elèctrica. Aquests recursos d'alta temperatura existeixen en les zones actives de l'escorça terrestre (zones volcàniques, límits de plaques litosfèriques, dorsals oceànics). Es requereixen varis paràmetres per tal de que existeixi un camp geotèrmic: un sostre compost d'una coberta de roques impermeables; un dipòsit o aquífer de permeabilitat elevada, entre 300 i 2000 m de profunditat; roques fracturades que permetin una circulació convectiva de fluids, i per tant, la transferència de calor de la font a la superfície, i una font de calor magmàtica (entre 3 i 10 km de profunditat a 500-600 °C).

L'explotació d'un camp d'aquestes característiques es fa per mitjà de perforacions segons tècniques quasi idèntiques a les de l'extracció del petroli. El sòl es perfora i s'extreu el líquid, que surt en forma de vapor si la seva temperatura és suficientment alta i es pot



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

aprofitar per accionar una turbina que amb la seva rotació mou un generador que produeix energia elèctrica. L'aigua geotèrmica utilitzada es retorna posteriorment al pou mitjançant un procés d'injecció per ser rescalfada, mantenir la pressió i sustentar la reserva.

Els mercats de més creixement en aquest camp de la geotèrmia són l'asiàtic i el de l'Amèrica Llatina. A la UE només és viable i s'utilitza a Itàlia, Rússia, Turquia i Islàndia. Precisament els països on es preveu una expansió més forta en els pròxims anys.

Degut a la crisi del petroli dels anys 70 es va començar a utilitzar energia geotèrmica de mitja i baixa temperatura, disponible en la totalitat de la superfície terrestre. És per això que la utilització d'energia geotèrmica s'ha anat estenent a tot arreu, utilitzant diferents solucions tècniques segons els recursos disponibles de cada zona.

#### **- Energia geotèrmica de mitja temperatura.**

Degut a la temperatura d'aquests recursos, entre 50 a 150 °C i una pressió inferior als 8 bar, que es troba en condicions pròximes a saturació, és molt freqüent la utilització directa de la calor per a aplicacions de climatització en edificis comercials.

Els sistemes principals de mitja temperatura més desenvolupats i viables econòmicament són:

- Jaciments d'alta entalpia: per la producció d'energia elèctrica.
- Jaciments de mitja i baixa entalpia: per processos d'escalfament de fluids en el sector industrial i de serveis.

L'aprofitament d'aquests dipòsits, poc freqüents a l'actualitat, resulta més costós i amb un menor rendiment que els de vapor, ja que l'aigua líquida presenta un major contingut de sòlids en suspensió. En conseqüència, els problemes de corrosió afecten en una disminució de la temperatura d'extracció del fluid.

Un cop s'ha utilitzat, l'aigua de l'aquífer es torna a introduir al terra mitjançant pous d'injecció o aspersors en la superfície.



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

Aquest és un sistema molt emprat als EUA i al nord d'Europa per cobrir les demandes de grans superfícies com ara escoles i universitats, hospitals, district heating, acondicionament d'hivernacles i piscifactories, ...

### **- Camp geotèrmic de baixa temperatura.**

Una part important de l'energia que prové del Sol arriba a la Terra i és absorbida per l'escorça terrestre en forma de calor. La gran massa de la Terra fa que la temperatura del sòl, a partir d'uns 5 metres de profunditat, romangui pràcticament constant durant tot l'any. Aquesta temperatura varia segons les característiques del terreny i la radiació solar pròpia de la regió. A Espanya, que és un país amb gran radiació solar, la temperatura del sòl a profunditats de més de 5 metres és relativament alta (al voltant de 15 °C).

Podem considerar el subsòl a petites profunditats com una font de calor a 15° C, totalment renovable i inesgotable. Mitjançant un sistema de captació adequat i una bomba de calor es pot transferir calor d'aquesta font de 15° C a una altra de 50° C, i utilitzar aquesta última per a la calefacció domèstica i l'obtenció d'aigua calenta sanitària.

Si es tracta d'una bomba de calor reversible, el mateix equip pot absorbir calor de l'ambient a 40 graus i lliurar-lo al subsòl amb el mateix sistema de captació, pel que el sistema que pot proveir la calefacció domèstica també pot proveir la refrigeració. És a dir, l'habitatge té una sola instal·lació per a la seva climatització total.

Pel que fa a l'emmagatzemament d'energia tèrmica, la profunditat ideal en aquest tipus d'aplicacions és al voltant dels 100 m. Els canvis en la variació de la temperatura del subsòl durant les estacions de l'any es redueixen considerablement a una profunditat d'entre 10 i 20 metres, a major profunditat les temperatures augmenten de mitja 3 °C per cada 100 m de profunditat.

Els mètodes principals per fer l'ús d'aquesta energia són els següents:

- Bombes de calor geotèrmiques o aigua-aigua.



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

- Emmagatzematge d'energia tèrmica subterrània.

El rendiment del sistema depèn de la temperatura de la font que subministra el calor al condensador. Els sistemes de climatització convencionals absorbeixen calor de l'atmosfera que durant l'hivern pot arribar per sota dels  $-2^{\circ}\text{C}$ . A aquestes temperatures el condensador no pot captar pràcticament gens de calor i el rendiment de la bomba és molt baix. A l'estiu quan fa més calor la bomba té que cedir aquest calor a l'atmosfera que pot estar a  $40^{\circ}\text{C}$ , amb la qual cosa el rendiment tampoc és gaire bo.

En el sistema de captació geotèrmica, al disposar d'una font a temperatura constant, el rendiment sempre és òptim sense que importin les condicions de temperatura atmosfèrica.

El sistema de terra uneix la bomba de calor amb el subsòl i permet l'extracció de calor o la introducció de fred al subsòl. Aquests sistemes es poden classificar generalment com a sistemes oberts o sistemes tancats:

Sistemes oberts: s'utilitza aigua existent en el subsòl com a fluid caloportador (per exemple, la que prové dels aqüífers). Aquesta es bombeja directament a la instal·lació o a través de bescanviadors de calor.

Sistemes tancats: consisteix en un circuit tancat d'aigua i refrigerant que s'enterra en el subsòl, transportant la calor del terra a la bomba i a l'inrevés. Podem subdividir-se en sistemes tancats horitzontals i verticals.

Per elegir el sistema més apropiat per una instal·lació específica cal considerar diversos factors: característiques geològiques i hidrogeològiques de subsòl, àrea i utilització en la superfície, les fonts potencials de calor com les mines, i les característiques de la calefacció i refrigeració del o dels edificis.

En la fase de disseny són absolutament necessàries dades més exactes pels paràmetres bàsics per seleccionar la tecnologia a utilitzar. S'ha d'aconseguir un sistema que tingui un rendiment òptim amb el mínim de costos.

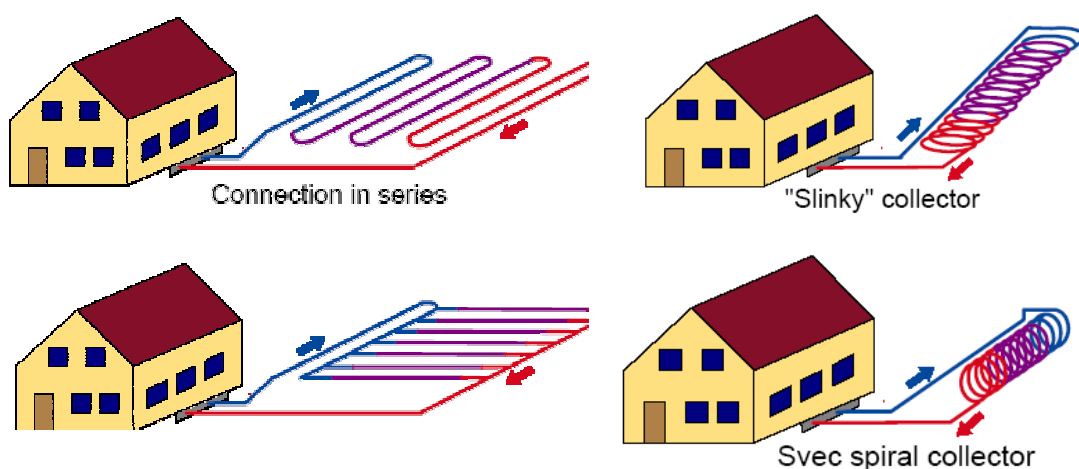
## Sistemes oberts

Un sistema obert utilitza els pous d'aigua subterrània com a font de calor, extreu i introdueix aigua en el pou. En la majoria de casos es necessiten dos pous, un per extreure l'aigua subterrània i un altre per tornar a introduir l'aigua al mateix aquífer del que s'extreu.

## Sistemes tancats horitzontals

El sistema tancat més fàcil d'instal·lar és el bescanviador de calor terrestre horitzontal, consisteix en fer passar els tubs que porten l'aigua per climatitzar la casa enterrats un parell de metres com a mínim. Degut a les restriccions d'àrea a Europa Central i Occidental s'instal·len les canonades de forma relativament densa, connectades en sèrie o en paral·lel (Fig 1.1. esquerra).

També hi ha un altre tipus de sistemes, que s'utilitzen principalment a EEUU i són els bescanviadors en espiral (Fig 1.1 dreta), que consisteixen en fer passar els tubs en espiral enterrats un parell de metres com a mínim, que solucionen una mica el problema d'espai, encara que continua tenint els mateixos inconvenients que els altres. Aquests sistemes s'utilitzen per bescanviar calor amb grans masses d'aigua ja siguin llacs naturals o artificials i el mar.



**Fig 1.1: Esquema bescanviador de calor terrestre horitzontal i en espiral**





Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

### Avantatges del sistema horitzontal

- La bomba impulsora és més barata que en els sistemes verticals, ja que els equips que s'utilitzen per aquestes instal·lacions també ho són.
- Els operaris que es necessiten són menys qualificats.
- Menor cost que el sistema vertical.

### Inconvenients del sistema horitzontal

- Requereix una extensió de terreny relativament gran, per tant no es recomana en zones on el preu del terreny és alt.
- Hi ha variacions fluctuants en la temperatura del terra segons l'estació de l'any, les precipitacions i la profunditat a la que està la instal·lació.
- El sistema en general té una baixa eficiència degut a aquestes fluctuacions.

### **Sistemes tancats verticals**

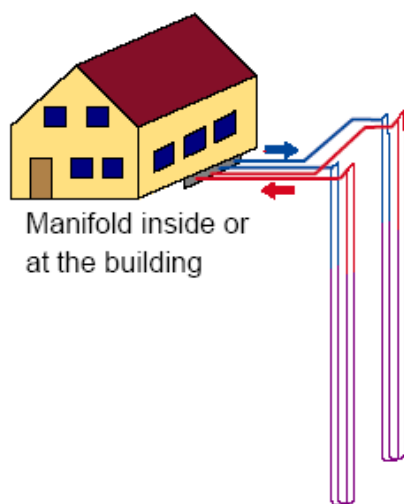
Degut a que la temperatura a una determinada profunditat (entre 15 i 20 metres) és constant durant tot l'any i degut a la necessitat d'instal·lar una capacitat suficient d'intercanvi de calor sota una superfície determinada, els bescanviadors de calor terrestres verticals (Fig 1.2) són els més adequats en aquestes situacions.

En un bescanviador de calor tipus estàndard, en una perforació s'instal·len les canonades plàstiques de polietilè o de polipropilè i l'espai restant de la perforació s'omple amb un material que asseguri una conductivitat tèrmica elevada cap al terreny. Hi ha dos configuracions possibles:

- Canonades en forma de U, consisteixen en un parell de canonades rectes unides per una corba de 180° al fons. Una, dos o inclòs tres d'aquest tipus de canonada en forma de U s'instal·len en una mateixa perforació. Els avantatges d'aquest tipus de canonada és el seu baix cost. Aquest tipus de canonada és el més utilitzat a Europa.

- Canonades coaxials (concèntriques), ja siguin simples o amb dos conductes rectes de diferent diàmetre, o en una configuració més complexa. Són canonades més cares que les de forma en U.

Els materials de reompliment de la perforació i les parets del bescanviador de calor provoquen una resistència tèrmica. És per això, que s'han desenvolupat materials tèrmics específics per al reompliment que minimitzen aquest efecte.



**Fig 1.2: Esquema de bescanviador de calor terrestre vertical**

En funció de les seves necessitats i expectatives s'ofereixen tres sistemes diferents de calefacció geotèrmica.

**Terra/terra:** el fluid refrigerant circula pel captador soterrat i pel terra radiant, dintre de la vivenda (com es pot observar en la Fig 1.3). Aquesta solució no permet regular la calefacció habitació per habitació, tota la calor obtinguda del captador serà transmesa pel terra radiant faci falta o no, i tampoc es pot gaudir de l'opció de refrigeració.

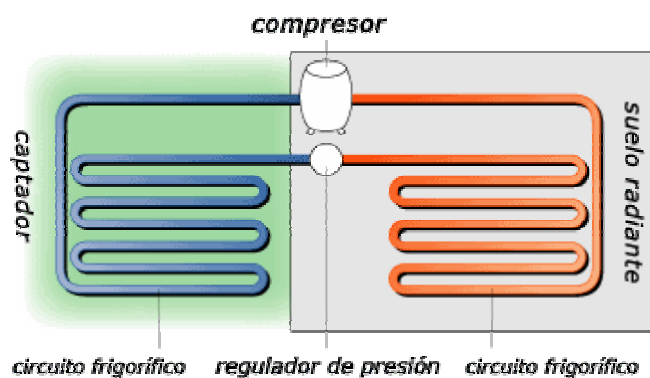


Fig 1.3: Esquema de calefacció Terra/terra

**Terra/aigua:** un captador de tub de coure amb funda de polietilè pel qual circula el fluid refrigerant pren l'energia del terra. La calor es transmet pel fluid refrigerant a un generador que lliura l'energia necessària per la calefacció (com es pot observar en la Fig 1.4). La calor es condueix a l'habitable mitjançant una calefacció d'aigua calenta tradicional, al disposar d'un bescanviador de calor entre el captador i el terra radiant es pot regular la temperatura de dintre de la vivenda.

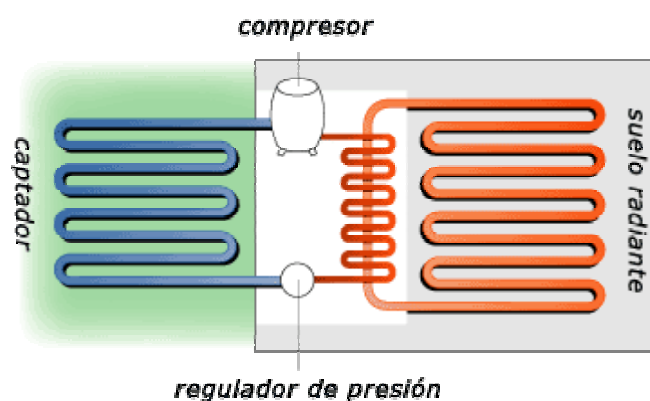
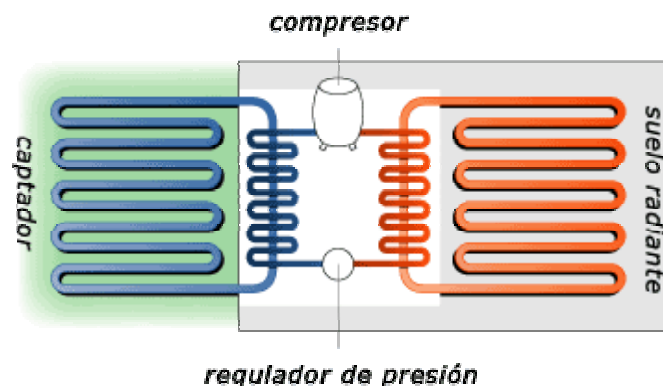


Fig 1.4: Esquema de climatització terra/aigua

**Aigua/aigua:** pel bescanviador circula l'aigua glicolada (amb anticongelant) que permet recollir i transportar l'energia al terra radiant. El calor es transmet per l'aigua fins a un generador que llibera l'energia necessària per la calefacció (com es pot observar en la figura 5), aquest sistema permet refrigerar a l'estiu la vivenda.



**Fig 1.5: Esquema de climatització aigua/aigua**

Els diferents sistemes geotèrmics existents i utilitzats en l'actualitat, la Taula 1.2 mostra una comparació entre els diferents sistemes.



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

	TERRA / TERRA	TERRA / AIGUA	AIGUA / AIGUA
<b>Benefici client</b>			
Rendiment (COP)	3,2 a 3,3	3,7	3,3 a 3,4
Calefacció tradicional	No	Si	Si
Regulació per habitacions	No	Si	Si
Evolutivitat	No	Si	Si
Refrigeració per el terra a l'estiu	No	Si	Si
<b>Tècnica</b>			
Fluid refrigerant: quantitat per una casa	8 a 20 kg	3 a 5 kg	2 a 3 kg
Utilització dels nous fluids refrigerants	Si	Si	si
Anticongelant al terra exterior	No	no	80 a 100 litres
climatització per ventiloconvectors	Si, pero de 15 a 20 kg de fluid refrigerant	si	Si
Captació de l'agua de la capa freàtica	No	no	Si
Sonda tèrmica vertical	No	no	Si
<b>Reglamentació</b>			
Necesitat de Recomanació tècnica del CSTB	Si, en tot el sistema	únicament per al tub interior	únicament per al tub interior
<b>Inversió</b>			
Inversió en euros per m <sup>2</sup> equipat	60 a 95 €	60 a 95 €	60 a 95 €

**Taula 1.2. Comparativa de les solucions dels sistemes geotèrmics.**



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

#### 1.1.3.1. Avantatges e inconvenients de l'energia geotèrmica

##### **Avantatges**

Les avantatges són que la seva generació és neta, pel qual el seu ús redueix les emissions que embruten l'atmosfera de la crema de combustibles fòssils. A més a més, l'energia geotèrmica ofereix un flux constant de producció d'energia al llarg de l'any perquè no depèn de les variacions estacionals com pluges, cabals de rius, vent, Sol, etc, com és el cas de l'energia eòlica o hidroelèctrica. Si bé en el procés d'obtenció de l'aigua es desprèn algun residu de sofre, diòxid de carboni i hidròxid de sofre, aquests es poden netejar abans d'arribar a l'atmosfera. D'aquesta manera, l'aire que envolta les plantes geotèrmiques està lliure de fums i pol·lució. Algunes estacions se situen enmig de granges de cereals o boscos que comparteixen terra i ramats i vida silvestre local. Finalment, l'emplaçament d'una planta geotèrmica és eficient en el sentit en que l'àrea de terreny requerida per les plantes geotèrmiques per generar un megawatt de potencia és menor que el que es necessita per l'emplaçament d'algun altre tipus d'estació energètica.

##### **Inconvenients**

Un dels majors inconvenients és el cost de producció d'una planta geotèrmica ja que la perforació de les superfícies rocoses dures és molt car. Per altra banda, sí que alguns residus de l'aire es poden netejar, però altres poden resultar tòxics i contaminants, com el sulfur d'hidrogen que és tòxic en grans quantitats. A més a més genera males olors en petites quantitats. La instal·lació d'una planta depuradora d'olors encareix el cost de la planta total. Sense un adequat tractament, els dipòsits d'aigües subterrànies poden veure's contaminats per sòlids dissolts. Altres inconvenients són els pocs jaciments de fàcil accés.



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

#### 1.1.4. Consum energètic actual

L'esgotament progressiu de les reserves de combustibles fòssils, així com la pujada contínua dels preus, ha fet replantejar seriosament a la humanitat el problema energètic i buscar solucions a la crisi produïda per aquestes causes. Per aquest motiu, en l'actualitat existeix una tendència general per tractar d'utilitzar les fonts alternatives d'energia i dintre d'aquestes les denominades renovables, que en teoria constitueixen reserves inesgotables.

##### 1.1.4.1. El Protocol de Montreal

Per tal de reduir i regular les emissions de gasos perjudicials per la capa d'ozó, l'any 1987 a Montreal, es va realitzar un acord internacional adoptat per la Comunitat Econòmica Europea (avui Unió Europea) i 24 països més. Aquest acord, va entrar en vigor l'1 de gener de 1989, tot i que ha estat sotmès a revisions periòdiques que han modificat el seu contingut i els terminis a complir.

##### 1.1.4.2. El Protocol de Kyoto

L'any 1997 es va firmar un protocol segons el qual es regulen les emissions de gas  $\text{CO}_2$  i altres gasos no especificats en el protocol de Montreal i que també són perjudicials per la capa d'ozó i l'efecte hivernacle. El protocol va ser ratificat per 39 països de tot el món (alguns d'ells en procés de transició cap a una economia de mercat).

Els objectius fixats són de reduir, entre l'any 2008 i 2012, les emissions de gasos d'efecte hivernacle a un nivell inferior en no menys del 5% al 1993. Aquesta reducció es podrà realitzar de forma individual o en conjunt. Es concedirà major flexibilitat en els terminis i objectius dels països que estan en una transició a una economia de mercat.

Tot i la bona voluntat dels països integrats, el fet que no es prevegin sancions per l'incompliment de l'esmentat document, no garanteix l'eficàcia del mateix ni la seva



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

utilitat. Així doncs, encara falta molt camí per aconseguir regular les emissions de gasos d'efecte hivernacle, i això passa per la utilització d'energies renovables.

#### 1.1.4.3. Situació energètica a Europa

Europa és la zona del món industrialitzat amb més dependència energètica exterior. És a dir, amb una major desproporció entre la seva demanda energètica i els recursos propis per satisfer-la. Aquesta situació, que preocupa greument des de fa temps a les autoritats energètiques comunitàries i als dels seus respectius països membres, s'ha accentuat encara més en els últims temps i ha fet sorgir inclòs nous tipus de problemes.

A més a més, dels riscos habituals d'aquesta situació (inseguretat de subministrament, encariment dels preus dels petroli i del gas fins límits imprevistos) se n'afegeixen ara altres com són les intencions d'altres països de fer-se amb el control d'una part del negoci energètic europeu o l'ús de "l'arma energètica" per aconseguir treure endavant un programa nuclear d'ús militar més que probable.

#### 1.1.4.4. Situació energètica a Catalunya

El consum d'energies renovables a Catalunya l'any 2003 va aportar el 3,3% del balanç d'energia primària, l'equivalent de més de 622.000 tones de petroli. Més de la meitat d'aquesta aportació va correspondre a l'energia hidràulica que és, de totes les fonts renovables, la més antiga. Això fa que la majoria dels aprofitaments factibles per motius econòmics, socials i ambientals, ja s'hagin dut a terme.

En termes energètics Catalunya no és diferència gaire de la resta d'Europa. Els seus nivells d'eficiència o de consum de recursos energètics, o d'aprofitament dels recursos renovables són similars als dels països de la Unió Europea. Alhora, també ha de fer front a un increment constant de la demanda d'energia, que en els últims trenta anys, ha multiplicat per cinc els milers de tones equivalents de petroli consumides.





Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

A Catalunya la dependència del petroli és molt marcada, ja que arriba al 51,8% del total del consum d'energia primària.



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

## 1.2. OBJECTE I ABAST

L'objecte d'aquest projecte és el disseny d'una instal·lació geotèrmica de baixa temperatura de calefacció d'una casa situada a l'horta de Lleida prop d'Albatarrec. On el disseny del sistema d'aigua calenta sanitària (ACS) no està inclòs.

S'estudiaran els diferents tipus de calefaccions per tal d'obtenir un bon rendiment i una temperatura confortable a l'interior de la vivenda.

No és objecte d'aquest projecte la refrigeració de la vivenda.

Es preten aprofitar al màxim l'energia del terra amb la utilització del bescanviador geotèrmic.

En aquest projecte no s'inclou el disseny de la instal·lació elèctrica ni els ramals de connexió als punts de l'aigua de la xarxa.

L'abast del projecte inclou el disseny de totes les instal·lacions necessàries pel bon funcionament del sistema de calefacció.

L'objectiu del projecte és el disseny de les instal·lacions, per tant no és a dins de l'abast del projecte els treballs d'execució de les obres.

No és objecte d'aquest projecte realitzar un estudi econòmic de l'amortització de la instal·lació.



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

### 1.3. ANTECEDENTS

La vivenda objecte del projecte és troba a la localitat de Lleida (carretera N-230 a 8 km de Lleida)

La casa a climatitzar disposa de planta baixa més primera planta. La planta baixa disposa de dues habitacions, un magatzem i la cuina-menjador, mentre que la primera planta disposa de tres sales més el bany. En total la casa té 96 metres quadrats dels quals 62,6 metres quadrats s'han de climatitzar.

L'ús de l'energia geotèrmica ve motivat per l'augment del preu dels combustibles fòssils i el fet d'utilitzar energies renovables que no ajuden a l'augment dels gasos contaminants i a l'efecte hivernacle.

A més a més, en la instal·lació d'energia geotèrmica de baixa temperatura no és necessari cap consum addicional i això permet amortitzar el cost de la instal·lació que serà alt però la vida útil d'una casa nova en construcció és major.

La casa no compta en l'actualitat amb cap sistema de climatització, i per tant, és triarà l'opció que més s'aproximi al desitjat pel propietari tot tenint en compte la limitació econòmica.



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

## 1.4. NORMES I REFERÈNCIES

### 1.4.1. Normativa aplicable

*Código Técnico de la Edificación (CTE)*

*Reglamento de las Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) i les seves Instrucciones Técnicas Complementarias.*

UNE 157001:2002 Criterios generales para la elaboración de proyectos.

ITC MI-IP03. “*Instal·lacions d’emmagatzematge per al seu consum en la pròpia instal·lació.*”



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

## 1.5. BIBLIOGRAFIA

- Cabeza, Lluïsa F., Sistemes de fred i climatització. Ed. Paperkite. Lleida, 2003.
- Cabeza, Lluïsa F., Producció de l'energia tèrmica. Ed. Paperkite. Lleida, 2004.
- Cabeza, Lluïsa F., Gestió de sistemes energètics. Ed. Paperkite. Lleida, 2004.
- Ortega Rodríguez, Mario i Antonio, Calefacción y refrescamiento por superficies radiantes. Ed. Paraninfo. Madrid, 2001.
- ASHRAE handbook Heating, ventilating and air-conditioning applications. Ed. SI. Atlanta, 2003.
- Documentació Técnica ROTEX Monopex: la calefacción de suelo radiante para edificios antiguos y construcciones nuevas.
- [www.soliclima.com](http://www.soliclima.com)
- [www.geotics.net](http://www.geotics.net)
- [www.esak.es](http://www.esak.es)
- [www.geotermiasolar.com](http://www.geotermiasolar.com)
- [www.solener.com](http://www.solener.com)
- [www.intiam.cat](http://www.intiam.cat)
- [www.ciatesa.es](http://www.ciatesa.es)
- [www.ducasa.com](http://www.ducasa.com)



## 1.6. DEFINICIONS I ABREVIACIONS

### 1.6.1. Definicions de les variables

#### 1.6.1.1. Definicions en el càlcul d'energia necessària per calefacció

$L_{cal}$  [MJ/mes] = Càrrega tèrmica mensual de calefacció

$U \cdot A$  [W/°C] = Producte de l'àrea de l'edifici pel coeficient global de pèrdues.

$DD$  [°C·dia/mes] = Número de graus-dia del mes

$T_a$  [°C] = Temperatura mitja ambient a la ciutat de Lleida

$T_{xarxa}$  [°C] = Temperatura mitja de la xarxa a la ciutat de Lleida

$\Delta t$  [s/dia] = Nombre de segons en un dia

$N$  [dies/mes] = Nombre de dies del mes

$\rho_{h_2o}$  [kg/m<sup>3</sup>] = Densitat de l'aigua

$Cp_{h_2o}$  [kJ/kg·K] = Calor específic de l'aigua

#### 1.6.1.2. Definicions en el càlcul d'energia necessària pel terra radiant

$c_s$  [-] = Coeficient de seguretat

$c_{pe}$  [-] = Nombre de parets exteriors de la dependència

$c_n$  [-] = Coeficient que s'aplica segons si l'orientació de l'estança és al Nord

$c_{pv}$  [-] = Coeficient segons el tipus de paviment

$q_u$  [W/m<sup>2</sup>] = Potència corregida de cada dependència

$q$  [W/m<sup>2</sup>] = Càrrega de calefacció

$T_{st}$  [°C] = Temperatures recomanables per la superfície de l'estança

$\Delta T$  [°C] = Salt tèrmic entre anada i tornada dels tubs

$T_{anada}$  [°C] = Temperatura anada



$T_{\text{tornada}} [^{\circ}\text{C}]$  = Temperatura tornada

$T^* [^{\circ}\text{C}]$  = Salt tèrmic entre la temperatura mitja de l'aigua i la temperatura ambient interior de disseny ( $T_a$ )

$T_m [^{\circ}\text{C}]$  = Temperatura mitja de l'aigua als circuits

$T_a [^{\circ}\text{C}]$  = Temperatura ambient interior de disseny

$M_c [\text{m}]$  = Longitud del tub

$S_c [\text{m}^2]$  = Superfície útil del circuit

$\dot{m} [\text{L/h}]$  = Cabal de disseny per cada circuit

$p_c [\text{mmca}]$  = Caiguda de pressió

#### 1.6.1.3. Definicions en el càlcul d'energia necessària pel bescanviador

$q [\text{W}]$  = Calor intercanviat pel cilindre

$L [\text{m}]$  = Longitud del cilindre

$t_g [^{\circ}\text{C}]$  = Temperatura estable del subsòl

$t_w [^{\circ}\text{C}]$  = Temperatura del líquid que recorre el cilindre

$R [\text{m}^{\circ}\text{C/W}]$  = Resistència tèrmica del subsòl

$L_c [\text{m}]$  = Longitud del pou necessària per cycle de refredament

$L_h [\text{m}]$  = Longitud del pou necessària per cycle d'escalfament

$PLF_m [-]$  = Factor de càrrega parcial en el mes de disseny

$q_a [\text{W}]$  = Potència neta anual transferida al subsòl

$q_{lc} [\text{W}]$  = Càrrega de fred de disseny

$W_c [\text{W}]$  = Potència elèctrica consumida per l'equip en cycle de fred

$q_{lh} [\text{W}]$  = Càrrega de calor de disseny

$W_h [\text{W}]$  = Potència elèctrica consumida per l'equip en cycle de calor

$R_{ga} [\text{m}^{\circ}\text{C/W}]$  = Resistència tèrmica anual del subsòl

$R_{gm} [\text{m}^{\circ}\text{C/W}]$  = Resistència tèrmica mensual del subsòl



$R_{gd}$  [ $m^{\circ}C/W$ ] = Resistència tèrmica diària del subsòl

$F_{sc}$  [-] = Factor de correcció que té en compte en n° de forats en paral·lel i el cabal de l'aigua a passar

$R_b$  [ $m^{\circ}C/W$ ] = Resistència tèrmica del pou

$T_g$  [ $^{\circ}C$ ] = Temperatura permanent del subsòl

$T_p$  [ $^{\circ}C$ ] = Temperatura permanent del subsòl degut a l'acumulació de calor

$T_{wi}$  [ $^{\circ}C$ ] = Temperatura del líquid caloportador a l'entrada de la bomba de calor

$T_{wo}$  [ $^{\circ}C$ ] = Temperatura del líquid caloportador a la sortida de la bomba de calor

$X_s$  [m] = Profunditat del subsòl

$T$  [dies] = Dia de l'any

$t_0$  [dies] = Desfàs

$T_g$  [ $^{\circ}C$ ] = Temperatura mitja anual del subsòl

$A_s$  [ $T_{max}-T_{min}$ ] = Variació anual de la temperatura del sòl

$\alpha_s$  [ $m^2/dia$ ] = Difusivitat tèrmica del subsòl

$T_{gmin}$  [ $^{\circ}C$ ] = Temperatura mínima del subsòl a la profunditat  $X_s$

$T_{gmax}$  [ $^{\circ}C$ ] = Temperatura màxima del subsòl a la profunditat  $X_s$

PLFM [-] = Factor de càrrega parcial en el mes de disseny

$q_{8-12}$  [W] = Càrrega prevista entre les 8h i 12 h del dia de disseny.

$q_{12-16}$  [W] = Càrrega prevista entre les 12h i 16 h del dia de disseny.

$q_{16-20}$  [W] = Càrrega prevista entre les 16h i 20 h del dia de disseny.

$q_{20-8}$  [W] = Càrrega prevista entre les 20h i 8 h del dia de disseny.

$q$  [W] = Càrrega de disseny

$d_f$  [dies] = Dies de funcionament del sistema

$d_m$  [dies] = Dies del mes de disseny

$q_a$  [W] = Potència neta anual transferida al subsòl

$q_{lc}$  [W] = Càrrega de fred de disseny

$q_{lh}$  [W] = Càrrega de calor de disseny





$h_c$  [h] = Hores equivalents de fred a plena càrrega

$h_h$  [h] = Hores equivalents de calor a plena càrrega

$K_g$  [m°C/W] = Resistència tèrmica del subsòl

$\alpha_g$  [m<sup>2</sup>/dia] = Difusivitat tèrmica del subsòl

$\tau$  [dies] = Temps de duració del pols tèrmic

$d$  [mm] = Diàmetre del tub

$W_c$  [W] = Potència elèctrica per zona i dia de disseny

$q_{lc}$  [W] = Càrrega màxima de fred de disseny

$TC$  [W] = Potència nominal de l'equip

$C_p$  [kJ/kg°C] = Calor específic del fluid

$R_0$  [kg/m<sup>3</sup>] = Densitat del fluid

$\dot{m}$  [kg/s] = Cabal massic del fluid

$Q_{acum}$  [W] = Calor acumulat en el subsòl

$C_p$  [kJ/kg°C] = Calor específic del subsòl

$\rho$  [kg/m<sup>3</sup>] = Densitat del subsòl

$L$  [m] = Longitud del pou

$R_0$  [m] = Radi exterior del disc

$R_1$  [m] = Radi interior del disc

$\Delta t_r$  [°C] = Variació de la temperatura permanent

$q_a$  [W] = Potència neta anual transferida al subsòl

$I$  [-] = Factor que té en compte l'augment de la temperatura del subsòl en funció de la difusivitat del terreny.

$r$  [m] = Radi del disc on es calcula l'acumulació de calor

$\alpha$  [m<sup>2</sup>/dia] = Difusivitat tèrmica del subsòl

$t_{pl}$  [°C] = Temperatura final de subsòl

$R_0$  [kg/m<sup>3</sup>] = Densitat del subsòl



$d [m^2]$  = Separació entre pous

$L [m]$  = Longitud del cilindre

$tp [-]$  = Factor de correcció en funció de la matriu de pous

$\Delta T [^{\circ}C]$  = salt tèrmic

$Q [L/s]$  = cabal

$q [kW]$  = Necessitats tèrmiques

$T_{ewt} [^{\circ}C]$  = Temperatura entrada equip a determinar per un COP desitjat

$P [kW]$  = Potència

$m [kg/s]$  = Cabal màssic

$\Delta P [kPa]$  = Pressió de treball de la bomba de recirculació

$R_0 [kg/m^3]$  = Densitat del fluid de treball

$T_{gw0} [^{\circ}C]$  = Temperatura aigua subsòl

$T_{gwi} [^{\circ}C]$  = Temperatura sortida bescanviador aigua subsòl

$T_{ewt} [^{\circ}C]$  = Temperatura entrada equip a determinar per un COP desitjat

$U [kW/^{\circ}C \cdot m_2]$  = Prestacions de l'intercanviador de calor

$C_f [-]$  = Factor de correcció LMTD

$T_{lwbl} [^{\circ}C]$  = Temperatura sortida equip

$T_{lwgw} [^{\circ}C]$  = Temperatura sortida bescanviador aigua subsòl

$T_{ewbl} [^{\circ}C]$  = Temperatura entrada equip

$T_{ewgw} [^{\circ}C]$  = Temperatura entrada aigua subsòl al bescanviador

$TDH [m]$  = Alçada total dinàmica del pou

$h_{pou} [m]$  = Distància vertical entre el nivell dinàmic de l'aigua i la superfície del sòl

$h_{fc} [m]$  = Alçada deguda a les pèrdues per fricció en la columna del pou

$h_{fb} [m]$  = Alçada deguda a les pèrdues per fricció en el circuit hidràulic entre la columna i el bescanviador incloent aquest

$h_{ft} [m]$  = Alçada deguda a les pèrdues per fricció en el circuit hidràulic entre el bescanviador i la columna d'injecció



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

$L_c$  [m] = Longitud total bescanviador per cycle de fred

$E_c$  [MJ] = Energia tèrmica anual injectada al subsòl

$T_{ewtmax}$  [°C] = Temperatura d'entrada equip màxima

$L_h$  [m] = Longitud total bescanviador per cycle de calor

$E_h$  [MJ] = Energia tèrmica anual sostreta al subsòl

$T_{ewtmin}$  [°C] = Temperatura d'entrada equip mínima

$T_g$  [°C] = Temperatura del subsòl

### 1.6.2. Abreviacions

IDAE            Impactos Ambientales de la Produccion Eléctrica

ASHRAE       American Society of Heating, Refrigeration and air Conditioning Engineers

RITE           Reglamento de las Instalaciones Térmicas en los Edificios

UE             Unió Europea

GCHP          Bomba de Calor Acoplada a la Terra

ACS            Aigua Calenta Sanitaria



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

## **1.7. ESPECIFICACIONS DE DISSENY**

En aquest apartat s'exposen els diferents requeriments de disseny del projecte. Aquests han estat dividits en cinc parts: descripció de la parcel·la, descripció arquitectònica de la vivenda, dependències, tancaments i les necessitats energètiques de la vivenda.

Cal dissenyar un sistema de climatització adient per la vivenda, per tal de garantir un confort i una qualitat de vida dels ocupants. La vivenda està habitada per 5 persones durant tot l'any.

La instal·lació satisfarà la màxima demanda energètica que el bescanviador geotèrmic ofereixi amb l'ajuda de la bomba de calor. D'aquesta manera es produirà un estalvi anual de combustible per tal de compensar la inversió inicial.

### **1.7.1. Descripció de la parcel·la**

La parcel·la forma part del terme municipal d'Albatàrrac. Té una longitud de 105 m i una amplada de 40 m tot i que no és un terreny quadrat, amb una superfície total de 3.672 m<sup>2</sup> dividits en 4 terrenys

En el primer terreny hi ha la casa, una zona per aparcar els vehicles i un camp. Un altre terreny és el que té la piscina que està a un nivell superior que el de la casa. I per finalitzar dos terrenys més separats pel camí principal, veure plànol nº 2/12.

### **1.7.2. Descripció arquitectònica de la vivenda**

La vivenda té dos plantes de 48 m<sup>2</sup> amb una teulada a quatre aigües a nord-est, sud-est, nord-oest i sud-oest amb una inclinació de 25°. La part principal de la casa està orientada al nord-est, l'exterior de la casa està pintat de color groc.



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

Les parets exteriors són de 23,5 cm de gruix, formades per totxo massís, una capa de ciment, una camera d'aire, mahons i un acabat interior de guix.

Les parets que separen les habitacions tenen un gruix de 9,5 cm, formats per una capa de guix, mahons i una altra capa de guix.

La fonamentació de l'edifici és basa en una capa de grava compactada de 15 cm i una llosa de formigó armat de 15 cm preparada per suportar totes les càrregues de l'edifici, amb un acabat per la vivenda de gres ceràmic i de morter per al garatge.

El sostre de la primera planta del garatge està format per una capa de gres ceràmic i morter, bovedilla ceràmica i un acabat de guix. El sostre per la cuina- menjador és una capa de gres ceràmic i morter, bovedilla ceràmica i una cambra d'aire i plaques de guix.

El sostre de la segona planta consisteix en una capa de teula àrab i morter, un impermeabilitzant, una capa de poliuretà, una capa de mahons, una cambra d'aire, bovedilla de formigó i un acabat interior d'una capa de guix.

La primera planta de la vivenda té dos espais ben grans, la cuina-menjador i el garatge amb el rebost. La segona planta té 3 habitacions, una sala d'estar, i un lavabo, un balcó que va de punta a punta de la façana principal i una gran terrassa a la paret dreta de la vivenda.

### 1.7.3. Dependències

L'ús de cada dependència i les seves característiques dimensionals estan indicades a la taula 1.3.



Dependència	Ús	Alçada (m)	Superfície (m <sup>2</sup> )	Volum (m <sup>3</sup> )
<b>Primera planta</b>				
<b>Cuina-menjador</b>	Preparar àpats i menjador	2,678	23,18	62,09
<b>Garatge</b>	Aparcament vehicles	3,181	20,62	65,61
<b>Rebost</b>	Armari pel menjar	3,181	3,19	10,15
<b>Segona planta</b>				
<b>Sala estar</b>	Veure la tele i descansar	2,55	13,05	33,28
<b>Habitació 1</b>	Dormitori doble	2,55	9,93	25,32
<b>Habitació 2</b>	Dormitori	2,55	10,21	26,05
<b>Habitació 3</b>	Dormitori	2,55	6,13	15,63
<b>Lavabo</b>	Vàter, dutxa, rentamants	2,55	2,22	5,66

**Taula 1.3. Dependències de la vivenda**

#### 1.7.4. Tancaments

En aquest apartat es descriu els tancaments de que disposa la vivenda i que s'utilitzen per realitzar els càlculs posteriors. Els tipus de tancaments (murs, finestres i portes) i les seves característiques específiques es mostren des de la taula 1.4 fins la taula 1.27.

Nom	Mur exterior
Conductivitat tèrmica (W/m <sup>2</sup> °C)	1,60
<b>Materials</b>	
Totxo massís	0,115 m
Rebosat de ciment	0,015 m
Cambra d'aire	0,05 m
Mahò	0,04 m
Enlluït de guix	0,015 m
<b>TOTAL</b>	<b>0,235 m</b>

**Taula 1.4. Descripció mur exterior.**

Nom	Paret mitjanera
Conductivitat tèrmica ( $W/m^2\text{°C}$ )	2,21
<b>Materials</b>	
Enlluït de guix	0,015 m
Mahò	0,065 m
Enlluït de guix	0,015 m
<b>TOTAL</b>	<b>0,095 m</b>

**Taula 1.5. Descripció paret mitjanera.**

Nom	Paviment
Conductivitat tèrmica ( $W/m^2\text{°C}$ )	2,06
<b>Materials</b>	
Paviment genèric i morter	0,05 m
Llosa formigo armada	0,15 m
Àrids	0,15 m
<b>TOTAL</b>	<b>0,35 m</b>

**Taula 1.6. Paviment planta baixa.**

Nom	Sostre / terra (no climatitzat)
Conductivitat tèrmica ( $W/m^2\text{°C}$ )	2,07
<b>Materials</b>	
Paviment genèric	0,05 m
Bovedilla ceràmica	0,25 m
Enlluït de guix	0,01 m
<b>TOTAL</b>	<b>0,31 m</b>

**Taula 1.7. Descripció sostre planta baixa i terra primera planta (no climatitzat).**

Nom	Sostre / terra (climatitzat)
Conductivitat tèrmica ( $W/m^2\text{°C}$ )	1,44
<b>Materials</b>	
Paviment genèric i morter	0,05 m
Bovedilla ceràmica	0,23 m
Cambra d'aire	0,3 m
Placa de guix	0,02 m
<b>TOTAL</b>	<b>0,6 m</b>

**Taula 1.8. Descripció sostre planta baixa i terra planta primera (climatitzat).**

Nom	Sostre teulada
Conductivitat tèrmica ( $W/m^2\text{°C}$ )	0,37
<b>Materials</b>	
Teula àrab i morter	0,05 m
Impermeabilitzant	0,01 m
Poliuretà	0,05 m
Mahò	0,04 m
Cambra d'aire	0,03 m
Bovedilla formigò	0,19 m
Enlluït de guix	0,015 m
<b>TOTAL</b>	<b>0,385 m</b>

**Taula 1.9. Descripció sostre teulada.**

Nom	Finestra 1 cuina-menjador
Conductivitat tèrmica ( $W/m^2\text{°C}$ )	4
<b>Composició vidre</b>	
Vidre transparent	0,004 m
Cambra aire	0,006 m
Vidre transparent	0,004 m
<b>Carpinteria</b>	Metàl·lica
<b>Superfície</b>	0,6 m <sup>2</sup>

**Taula 1.10. Descripció finestra 1 cuina-menjador.**

Nom	Finestra 2 cuina-menjador
Conductivitat tèrmica ( $W/m^2\text{°C}$ )	4
<b>Composició vidre</b>	
Vidre transparent	0,004 m
Cambra aire	0,006 m
Vidre transparent	0,004 m
<b>Carpinteria</b>	Metàl·lica
<b>Superfície</b>	0,55 m <sup>2</sup>

**Taula 1.11. Descripció finestra 2 cuina-menjador.**



Nom	Porta 1 cuina-menjador
Conductivitat tèrmica ( $\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$ )	1
Material	Metàl·lica
Gruix	0,3 m
Superfície	1,51 $\text{m}^2$

**Taula 1.12. Descripció porta entrada.**

Nom	Porta 2 cuina-menjador
Conductivitat tèrmica ( $\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$ )	4
Material	Fusta
Gruix	0,1 m
Superfície	1,51 $\text{m}^2$

**Taula 1.13. Descripció porta cuina-menjador amb garatge.**

Nom	Finestra 1 sala d'estar
Conductivitat tèrmica ( $\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$ )	4
<b>Composició vidre</b>	
Vidre transparent	0,004 m
Cambra aire	0,006 m
Vidre transparent	0,004 m
<b>Carpinteria</b>	Metàl·lica
Superfície	2,33 $\text{m}^2$

**Taula 1.14. Descripció finestra 1 sala d'estar.**

Nom	Finestra 2 sala d'estar
Conductivitat tèrmica ( $\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$ )	4
<b>Composició vidre</b>	
Vidre transparent	0,004 m
Cambra aire	0,006 m
Vidre transparent	0,004 m
<b>Carpinteria</b>	Metàl·lica
Superfície	1,31 $\text{m}^2$

**Taula 1.15. Descripció finestra 2 sala d'estar.**

Nom	Porta balcó
Conductivitat tèrmica ( $\text{W/m}^2\text{°C}$ )	1
Material	Fusta
Gruix	0,1 m
Superfície	1,58 $\text{m}^2$

**Taula 1.16. Descripció porta del balcó.**

Nom	Porta habitació 1 passadis
Conductivitat tèrmica ( $\text{W/m}^2\text{°C}$ )	1
Material	Fusta
Gruix	0,1 m
Superfície	1,60 $\text{m}^2$

**Taula 1.17. Descripció porta habitació 1.**

Nom	Porta escales
Conductivitat tèrmica ( $\text{W/m}^2\text{°C}$ )	1
Material	Fusta
Gruix	0,1 m
Superfície	1,60 $\text{m}^2$

**Taula 1.18. Descripció porta escales.**

Nom	Finestra 1 habitació 1
Conductivitat tèrmica ( $\text{W/m}^2\text{°C}$ )	4
<b>Composició vidre</b>	
Vidre transparent	0,004 m
Cambra aire	0,006 m
Vidre transparent	0,004 m
<b>Carpinteria</b>	Metàl·lica
Superfície	2,33 $\text{m}^2$

**Taula 1.19. Descripció finestra 1 habitació 1.**

Nom	Finestra 2 habitació 1
Conductivitat tèrmica ( $\text{W/m}^2\text{°C}$ )	4
<b>Composició vidre</b>	
Vidre transparent	0,004 m
Cambra aire	0,006 m
Vidre transparent	0,004 m
<b>Carpinteria</b>	Metàl·lica
<b>Superfície</b>	1,31 m <sup>2</sup>

**Taula 1.20. Descripció finestra 2 habitació 2.**

Nom	Finestra 3 habitació 1
Conductivitat tèrmica ( $\text{W/m}^2\text{°C}$ )	4
<b>Composició vidre</b>	
Vidre transparent	0,004 m
Cambra aire	0,006 m
Vidre transparent	0,004 m
<b>Carpinteria</b>	Metàl·lica
<b>Superfície</b>	1,31 m <sup>2</sup>

**Taula 1.21. Descripció finestra 3 habitació 1.**

Nom	Porta habitació 2 passadis
Conductivitat tèrmica ( $\text{W/m}^2\text{°C}$ )	1
<b>Material</b>	Fusta
<b>Gruix</b>	0,1 m
<b>Superfície</b>	1,52 m <sup>2</sup>

**Taula 1.22. Descripció porta 2 passadis.**

Nom	Finestra 1 habitació 2
Conductivitat tèrmica ( $\text{W/m}^2\text{°C}$ )	4
<b>Composició vidre</b>	
Vidre transparent	0,004 m
Cambra aire	0,006 m
Vidre transparent	0,004 m
<b>Carpinteria</b>	Metàl·lica
<b>Superfície</b>	1,34 m <sup>2</sup>

**Taula 1.23. Descripció finestra 1 habitació 2.**

Nom	Porta habitació 3 passadis
Conductivitat tèrmica ( $W/m^2\text{°C}$ )	1
Material	Fusta
Gruix	0,1 m
Superfície	1,52 m <sup>2</sup>

**Taula 1.24. Descripció porta habitació 3.**

Nom	Finestra 1 habitació 3
Conductivitat tèrmica ( $W/m^2\text{°C}$ )	4
<b>Composició vidre</b>	
Vidre transparent	0,004 m
Cambra aire	0,006 m
Vidre transparent	0,004 m
<b>Carpinteria</b>	Metàl·lica
Superfície	1,02 m <sup>2</sup>

**Taula 1.25. Descripció finestra 1 habitació 3.**

Nom	Porta lavabo passadis
Conductivitat tèrmica ( $W/m^2\text{°C}$ )	1
Material	Fusta
Gruix	0,1 m
Superfície	1,33 m <sup>2</sup>

**Taula 1.26. Descripció porta lavabo.**

Nom	Finestra 1 lavabo
Conductivitat tèrmica ( $W/m^2\text{°C}$ )	4
<b>Composició vidre</b>	
Vidre transparent	0,004 m
Cambra aire	0,006 m
Vidre transparent	0,004 m
<b>Carpinteria</b>	Metàl·lica
Superfície	0,49 m <sup>2</sup>

**Taula 1.27. Descripció finestra 1 lavabo.**

### 1.7.5. Necessitats energètiques de la vivenda

En la taula 1.28, es mostren les necessitats màximes anuals de calefacció de cada dependència de la vivenda. Els càlculs estan descrits a l'apartat 2.1.1. de l'annex.

Dependència	Superfície (m <sup>2</sup> )	Càrrega calefacció (W)
<b>Cuina – menjador</b>	19,45	1.437
<b>Planta baixa</b>	19,45	1.437
<b>Sala estar</b>	13,07	534
<b>Habitació 1</b>	9,9	926
<b>Habitació 2</b>	10,21	426
<b>Habitació 3</b>	6,13	370
<b>Passadis</b>	1,62	40
<b>Lavabo</b>	2,22	556
<b>Primera planta</b>	43,15	2.852
<b>TOTAL</b>	<b>62,6</b>	<b>4.289</b>

**Taula 1.28. Resultats de les càrregues tèrmiques de la vivenda.**

També s'han realitzat càlculs de l'energia consumida per calefacció a l'apartat 2.2.1. Els resultats es mostren en la taula 1.29.

Mes	MJ
<b>Gener</b>	14.662,82
<b>Febrer</b>	9.014,45
<b>Març</b>	7.656,11
<b>Abril</b>	3.520,29
<b>Maig</b>	698,23
<b>Juny</b>	9,45
<b>Juliol</b>	0
<b>Agost</b>	0
<b>Setembre</b>	94,51
<b>Octubre</b>	2.001,92
<b>Novembre</b>	8.231,33
<b>Desembre</b>	14.765,35

**Taula 1.29. Resultats dels càlculs de l'energia total.**



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

## 1.8. ANÀLISIS DE SOLUCIONS

### 1.8.1. Condicions de confort

La sensació tèrmica és la sensació aparent que les persones tenen en funció dels paràmetres que determinen l'atmosfera en la qual es mou i també la funció dels seus paràmetres personals.

- Índex metabòlic: el calor produït pel cos.
- Índex de indument: abric que proporciona la roba.

Aquesta sensació tèrmica depèn de la relació entre el calor que produeix el metabolisme del cos i el que dissipa cap a l'entorn. Si es major el primer, la sensació és de calor; si es major el segon, la sensació és de fred. Tot mecanisme que augmenti les pèrdues de calor del cos, donarà sensació de fred i viceversa.

El cos humà no té la possibilitat de regular l'emissió de calor per temperatures ambientals compreses entre 15 i 30 °C. Per damunt i per sota té que fer-se quelcom.

Es poden modificar els paràmetres que determinen tant la producció, com les pèrdues de calor, ja sigui per la persona o per l'ambient que l'envolta.

Per la persona, la producció, s'augmenta principalment per l'exercici que es fa o per raons morfològiques de la persona (índex metabòlic). Per exemple, en un dia fred, 25 persones corren per un camp de futbol en samarreta i pantalons curts (i a més a més suen), mentre que a les grades hi ha 20.000 espectadors abrigats i passant fred.

En quant a les pèrdues es poden reduir abrigant-se amb roba (índex de indument).

Pel que fa a l'ambient, el vent augmenta les pèrdues per convecció del cos i també l'evaporació de la suor, amb el que aquestes pèrdues augmenten quan major és la velocitat de l'aire.

La sensació tèrmica també pot ser de major temperatura quan al calor se li afegeix una alta humitat relativa, ja que l'evaporació de la suor és el principal mitjà per dissipar la calor



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

corporal i, una humitat ambiental alta dificulta aquesta evaporació, com a conseqüència es té més sensació de calor.

En els locals la radiació de les parets també influeix. Si la temperatura d'aquestes és major que la temperatura ambient, tenint una temperatura de l'aire relativament baixa, es pot tenir una sensació de més calor.

Per tal que les parets ja estiguin a temperatura adequada quan les persones ocupen els locals, és recomana tenir connectats amb antelació la refrigeració o la calefacció.

### **1.8.2. Sistemes de calefacció**

La factura de la calefacció és un dels principals consums a les llars espanyoles, representant més de la meitat del consum energètic total de la casa en els mesos més freds. Per aquesta raó és important encertar en l'elecció del sistema de calefacció, ja que no tots garanteixen la mateixa eficàcia a l'hora de combatre les baixes temperatures. El tipus de vivenda, el lloc on està ubicada i la consciència ecològica de cadascú determina l'elecció d'un model o altre: el més ecològic - la caldera de condensació - és també el més car en front a altres més utilitzats com els radiadors o el terra radiant. Els preus, així com les avantatges i inconvenients difereixen notablement uns dels altres.

#### **1.8.2.1. Sistema de caldera amb radiadors d'aigua**

Aquest és el mètode més utilitzat actualment en la majoria de les vivendes espanyoles i pot funcionar amb tres tipus diferents de combustible: gas natural, gas propà i gasoil C. La caldera de gas natural s'utilitza sobretot en les ciutats, mentre que en els pobles petits o xalets on no pot arribar el subministre d'aquest combustible, es recorre a la caldera que funciona amb propà o gasoil.



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

Els radiadors més sol·licitats són els d'alumini, que són millors transmissors del calor i es calenten molt més ràpid que els de ferro fos. Malgrat tot, quan s'apaga la calefacció es refreden molt més ràpid.

#### 1.8.2.2. Calefacció elèctrica

Aquest sistema és el menys sol·licitat a les empreses de calefacció i el menys recomanat pels professionals del sector, que el consideren car i poc eficaç. Conta amb l'avantatge de que no precisa d'una instal·lació complicada, té un manteniment mínim, i no produeix gassos i olors.

La tarifa nocturna junt amb els acumuladors de calor pot ajudar a reduir la factura de la calefacció elèctrica perquè el kW/h costa la meitat que durant el dia, però no mereix la pena. Els acumuladors porten totxos refractaris per dintre i mantenen el calor. S'endollen per la nit quan la tarifa és més barata i es calenten al màxim. Després, durant el dia solten el calor però si fa molt fred no són eficaços perquè el calor es transfereix ràpidament i els totxos es descarreguen massa aviat, degut a la seva baixa inèrcia tèrmica.

#### 1.8.2.3. Calefacció per aire calent

Els convectors funcionen mitjançant una resistència de baixa temperatura que calenta l'aire fred que entra per la part inferior de l'aparell, i l'expulsa per la part superior. L'avantatge és que es poden col·locar en qualsevol lloc i no requereixen instal·lació. Per contra no són molt útils per superfícies molt grans.

#### 1.8.2.4. Calefacció per terra radiant.

Els romans, en la seva versió, l'anomenaven "Hipocausus" en l'Espanya medieval "Glorias". Es tractava d'introduir calor al terra i deixar que la radiació climatitzés les cases. Això s'aconseguia construint canals per sota del terra i fent circular aire calent per elles.





Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

Avui dia, la versió moderna és instal·lar al paviment tubs de polietilè reticulat. Els tubs es col·loquen de 3 a 5 cm per sota de la superfície, amb una separació de 10 a 30 cm entre ells, fent circular pels tubs aigua entre 35 i 45 °C. El terra es manté entre 20 i 28 °C i l'ambient entre 18 i 22 °C.

El grau de confort que s'aconsegueix amb aquest tipus de calor és ideal. S'escalfa l'aigua a 40 °C per mantenir la casa a 20 °C. Amb els sistemes tradicionals es crema combustible a temperatures superiors als 800 °C, per calentar l'aigua a 70 o 80 °C i mantenir la casa a 20 °C. És evident que els salts tèrmics són molt més alts, i com a conseqüència les pèrdues de calor també són majors.

#### 1.8.2.5. Bomba de calor

La denominació de bomba de calor és un procediment per aconseguir energia tèrmica basat en el principi dels refrigeradors, però utilitzant-los al revés, és a dir, absorbint la calor de l'exterior per dissipar-lo a l'ambient interior.

Generar calor utilitzant aquest sistema és la forma d'aconseguir energia amb el mínim consum ja que extreu l'energia a l'entorn, normalment a l'aire. El calor generat pot utilitzar-se per calefacció i aigua calenta sanitària.

El principi de funcionament és el mateix que s'utilitza en un aparell frigorífic. Un refrigerador aconsegueix refredar un espai ja que extreu l'energia de l'aire interior, a baixa temperatura, i la cedeix a l'aire exterior, a major temperatura, escalfant-la.

Si s'inverteix el funcionament d'un refrigerador, refredant l'aire exterior i calentant l'interior, s'obté una bomba de calor. Per aquesta raó la majoria d'aquests aparells són reversibles i permeten refrigerar a l'estiu i calefactar a l'hivern.

La calor que s'obté al condensador ha de ser igual a la calor absorbida per l'evaporador, més l'energia consumida pel compressor. Fet que equival a dir que la calor obtinguda per la bomba de calor sempre serà superior a la que es consumeix al motor que la fa funcionar, o el que és el mateix, el que s'aconseguiria per efecte Joule. De la relació existent entre les



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

dues calors s'obté l'anomenat coeficient d'operació (COP) d'una determinada bomba de calor, com el quocient entre aquestes dues energies.

$$COP = \frac{\text{Energia cedida pel condensador}}{\text{Energia consumida pel compressor}}$$

Presenta eficiències molt elevades quan la diferència entre la temperatura de confort a l'interior d'una vivenda i l'exterior es moderada (al voltant de 10°C). Per això funciona molt bé en zones com la mediterrània.

En aquestes condicions, es pot arribar a aconseguir un COP de 4 treballant en calefacció i de 3,5 en refrigeració. Això significa que per cada unitat d'energia consumida s'obtenen 4 unitats d'energia tèrmica.

L'energia que consumeix la bomba de calor és elèctrica, i pot provenir de la xarxa o ser generada de forma neta i sostenible instal·lant panells fotovoltaics.

## **Components de la Bomba de Calor**

### Vàlvula inversora de 4 vies

Amb 4 connexions connectades, respectivament, a l'aspiració i descàrrega del compressor, a l'evaporador i al condensador, damunt les quals es modifica la circulació del gas segons l'acció de la bobina.

Amb la bobina en repós el compressor aspira gasos des de l'evaporador i comprimeix fins al condensador. Amb la bobina excitada el circuit queda alterat i el compressor aspira del condensador i comprimeix sobre l'evaporador. La desconexió de la bobina retorna el sistema al circuit normal inicial.

### Evaporador

Intercanviador de calor, on el fluid refrigerant que passa a baixa pressió absorbeix el calor que circula pel serpentí.

### Condensador



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

Intercanviador de calor, el fluid refrigerant cedeix calor a alta pressió a través del serpentí.

#### Compressor

Aparell que utilitza l'energia mecànica per tal d'augmentar la pressió del líquid refrigerant dins de la bomba de calor.

#### Vàlvula d'expansió

Vàlvula encarregada d'expandir el líquid refrigerant per tal de disminuir la pressió.

### **1.8.3. Sistemes refrigeració**

La refrigeració és el procés de produir fred o, millor dit, d'extreure calor de l'ambient. Per refredar el que es fa és aprofitar les diferències de temperatures per extreure l'energia tèrmica (calor) mitjançant el cicle de Carnot (aquest cicle explica el fenomen, però en la pràctica s'utilitzen altres, ja que Carnot és només cicle teòric), és a dir, transportar calor d'un lloc a un altre. Així, el lloc al que s'extreu la calor, es refreda. En un frigorífic, per exemple, s'extreu calor de dins d'un armari tancat i s'evaqua, generalment per dissipació a l'ambient, en la part trasera de l'armari.

A l'igual que es poden aprofitar diferències de temperatures per produir calor, per crear diferències de calor es requereix energia. De vegades s'anomena refrigeració simplement a millorar la dissipació de calor, com en la refrigeració dels motors tèrmics, o simplement la ventilació forçada per substituir aire calent per aire més fresc.

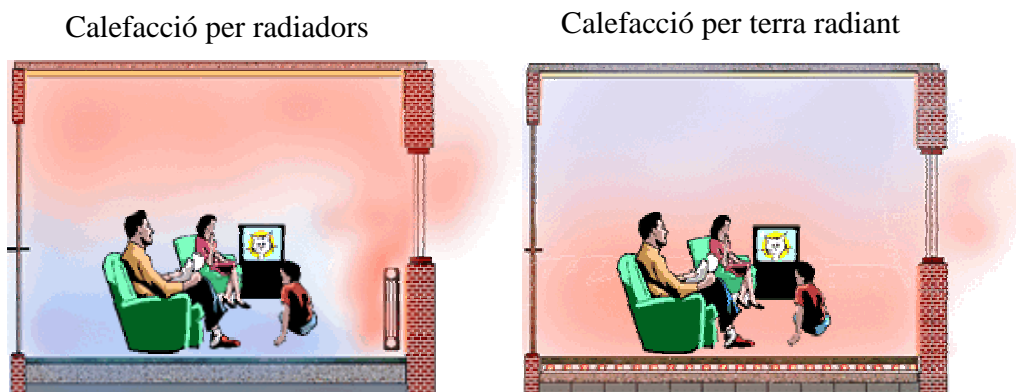
### **1.8.4. Selecció del sistema de calefacció**

El sistema que més be encaixa en les necessitats del projecte és el terra radiant mitjançant energia geotèrmica emprant una bomba de calor.

És el més adient degut a que disminueix la possibilitat de contraure afeccions respiratòries i la baixa temperatura de treball evita el risc de cremades. És el sistema més eficient ja que la baixa temperatura suposa menys pèrdues tèrmiques a les canonades i al sostre. El sistema de calefacció està integrat en l'edifici i la temperatura de la sala és uniforme. L'aprofitament del paviment per emmagatzemar energia tèrmica impedeix un escalfament i refredament ràpid. La instal·lació és barata si es realitza en obra nova o quan s'han de fer reformes de tot el paviment. En cas de fugues la reparació és difícil per això es recomana que no hi hagi unions sota el terra.

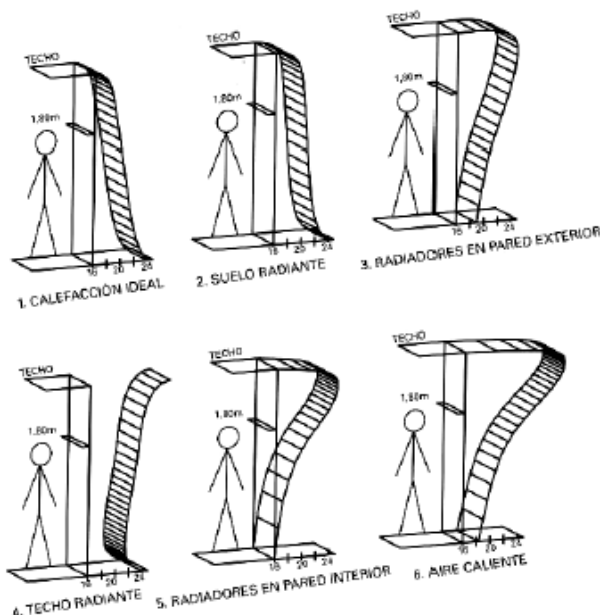
#### 1.8.4.1. Característiques del terra radiant

La calor aportada pel terra radiant és uniforme en tota la vivenda. Una condició important pel confort humà és que, entre el punt més calent i el més fred de la casa, no hi hagi una diferència de temperatura superior a 5 °C.



**Fig 1.6. Exemple de distribució de temperatures en una vivenda.**

En realitat la corba de distribució del calor per Terra Radiant és la que més s'aproxima a la calefacció ideal (Figura 1.10).



**Fig 1.7. Distribució de temperatures dels diferents tipus de calefaccions.**

Això ens donà una temperatura ambient de confort de 18 °C, que amb sistemes convencionals aquesta temperatura de confort hauria de ser de 20 °C. Cada grau de diferència en la temperatura de la casa significa un estalvi del 6 al 8 % en consums de calefacció.

#### 1.8.4.2. Fonts de calor

El terra radiant es pot aplicar a totes les fonts d'energia convencionals i alternatives. Pel que fa a les convencionals, el gasoil és el recurs energètic més barat de tots. S'adapta perfectament al terra radiant, instal·lat amb un bescanviador de calor per convalidar la baixa demanda tèrmica del terra radiant 35 o 45°C, amb l'òptima temperatura de treball dels



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

cremadors 80 o 90°C. En el gas, el control de la flama modular permet a la caldera treballar directament amb el circuit del terra radiant a temperatures de 35 a 45°C. En referència a l'electricitat, continua sent la més neta de les fonts de calor. Considerant l'ús de la tarifa nocturna (acumulant calor en el propi terra) es redueix els costos fins al 53%, convertint-la en l'opció més interessant per vivendes de superfície reduïda.

Pel que fa a les fonts d'energia alternatives, i considerant la bomba de calor com a tal, aquesta és un equip que bombeja calor des d'un nivell de temperatura sense cap tipus de profit (5 – 10°C) a un altre superior (40 – 45°C) útil per calefacció per terra radiant, per exemple.

L'energia consumida en el bombeig és considerablement menor que la transportada (aproximadament 3 a 1). La bomba de calor és la selecció natural quan es vol doble ús per la font d'energia (calefacció i aire condicionat).

Altres energies alternatives adaptables al terra radiant són l'energiasolar, els recuperadors de xemeneies, calderes de carbó i llenya, la calor residual de processos industrials, les aigües termals, etc.

#### 1.8.4.3. Avantatges del terra radiant

A una vivenda amb terra radiant l'estètica millora molt ja que no hi ha aparells de calefacció a la casa (radiadors, fan-coils ...), resultant la decoració molt beneficiada. És més saludable gracies a l'agradable i uniforme calor de la vivenda i el terra assegura un ambient sa i net, sense acumulació del pols cremat, sense turbulències de l'aire i sense resecar l'ambient. Per això, el terra radiant està especialment recomanat per guarderies, hospitals, residències d'avis, etc. Té un baix manteniment ja que el tub de polietilè reticulat és pràcticament indestructible per instal·lacions empotrades en formigó o guix i tampoc és atacat per la corrosió. La dilatació tèrmica del tub no perjudica al paviment.

#### 1.8.4.4. Estalvi energètic d'una calefacció amb terra radiant

A més de les característiques esmentades a l'apartat anterior, una de les principals avantatges d'un sistema radiant és l'estalvi energètic que es produeix en comparació amb altres sistemes que utilitzen el mateix tipus d'energia primària. Es Poden enumerar les següents causes de la seva eficiència energètica:

**Menor temperatura de l'aigua de distribució.** La temperatura en les tuberies generals és com a mínim 25 °C inferior a la d'altres sistemes, pel que quan aquestes passen per dependències o zones que no necessiten calor es disminueixen considerablement les pèrdues. En la Fig 1.11 s'observa la relació existent entre la temperatura de l'aigua, el diàmetre de la tuberia, el gruix de l'aïllament utilitzat i les pèrdues en wats per metre lineal de tub.

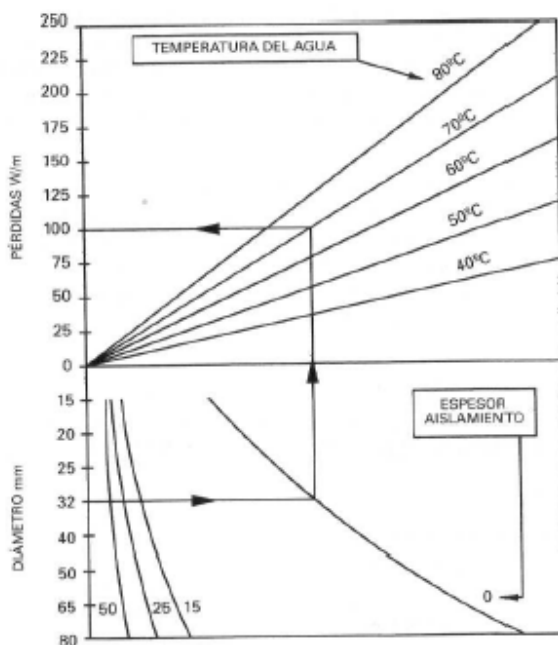


Fig 1.8. Pèrdues de calor en tuberies.



**Menor temperatura del sostre.** El sostre d'una habitació amb terra radiant està a una temperatura 6 °C inferior a la d'altres sistemes, podent arribar fins a 10 °C menys. Si les pèrdues per transmissió  $q_t$ , en un sostre són:

$$q_t = K(T_i - T_{ext}) \text{ Eq.1.1}$$

on:

$q_t$ : pèrdues en  $W/m^2 \cdot ^\circ C$

$K$ : coeficient de transmissió de calor del tancament en  $W/m^2 \cdot ^\circ C$

$T_i$ : temperatura de la superfície interior del sostre

$T_{ext}$ : temperatura ambient exterior que se suposa igual a la de la superfície exterior del tancament del sostre

I si se suposa una temperatura exterior de 8 °C, el salt tèrmic entre la superfície interior del sostre i la exterior és de 18 °C per una calefacció convencional, i de 12 °C per un sistema radiant. En aquestes condicions s'obté que les pèrdues  $q_{T1}$  en una calefacció convencional serien:

$$q_{T1} = K \cdot 18 \text{ Eq. 1.2}$$

I les pèrdues  $q_{T2}$  d'una calefacció radiant:

$$q_{cd2} = K \cdot 12 \text{ Eq.1.3}$$

I relacionant ambdues expressions s'obté:

$$\frac{q_{cd1}}{q_{cd2}} = \frac{K \cdot 18}{K \cdot 12} = \frac{18}{12} = 1,5 \text{ Eq.1.4}$$





És a dir, que amb una calefacció convectiva, ja sigui per radiadors, ventilo-convectors o per bomba de calor, i per aquests paràmetres tèrmics, es perd aproximadament un 50 % més de calor pel sostre.

**Menor temperatura de l'aire ambient.** Amb una calefacció per terra radiant es pot tenir l'aire al voltant de 20 °C per sentir confort, mentres que per radiadors l'aire ha d'estar a uns 22°C. Quan es ventila voluntariament el local o es produeixen renovacions incontrolades de l'aire interior, es perd el calor contingut en el mateix. El calor  $q_{Rn}$  que es malbarata per m<sup>3</sup> d'aire renovat en un local seria:

$$q_{Rn1} = C_{paire} \cdot d_{aire} \cdot (T_a - T_{ext}) \quad \text{Eq.1.5}$$

On les pèrdues  $q_{Rn}$  s'expressen en kcal/m<sup>3</sup>.

Per un salt tèrmic entre l'aire exterior i interior de 14 °C les pèrdues  $q_{Rn1}$  per unitat de volumen d'aire renovat seràn:

$$q_{Rn1} = C_{paire} \cdot d_{aire} \cdot 14 \quad \text{Eq.1.6}$$

Quan el salt tèrmic és de 2 graus menys les pèrdues  $q_{Rn2}$  són:

$$q_{Rn2} = C_{paire} \cdot d_{aire} \cdot 12 \quad \text{Eq. 1.7}$$

Dividint les expressions anteriors s'obté:

$$\frac{q_{Rn1}}{q_{Rn2}} = \frac{C_{paire} \cdot d_{aire} \cdot 14}{C_{paire} \cdot d_{aire} \cdot 12} = \frac{14}{12} = 1,17 \quad \text{Eq.1.8}$$



És a dir, que en les condicions descrites, al ventilar un local calefactat per terra radiant es perd aproximadament un 17 % menys de calor que si aquest està calefactat per radiadors. No s'han tingut en compte en aquesta comparació les possibles diferències d'humitat entre l'aire de sortida i d'entrada, que afectarien al balanç energètic final al tenir en compte el calor latent.

**Aprofitament de les aportacions gratuïtes de calor.** L'efecte contrari i positiu d'aquesta inèrcia en quan al consum energètic és el de l'autorregulació. El terra és capaç d'aprofitar les aportacions gratuïtes de calor com les procedents de la radiació solar, d'aparells emissors de calor, de làmpares halògenes o d'un augment brusc del nombre de persones. L'energia per unitat de superfície que cedeix un terra a una estança és la suma de l'intercanvi convectiu i de l'intercanvi radiatiu:

$$q = q_{cv} + q_{rd} \quad \text{Eq. 1.9}$$

I desenvolupant l'equació 1.9 tenint en compte temperatura i coeficients de transferència tèrmica.

$$q = h_c \cdot (T_s - T_a) + h_r \cdot (T_r - T_{rm}) \quad \text{Eq. 1.10}$$

A efectes de comparació es pot considerar que la temperatura radiant del terra és la seva temperatura superficial i que la temperatura radiant mitjana és igual a la temperatura de l'aire de l'ambient, i per tant. S'assignen a aquestes variables els valors de 24 i 20 °C respectivament, obtenint que el calor  $q_1$  cedit pel terra amb aquestes condicions és:

$$q_1 = h_c \cdot (24 - 20) + h_r \cdot (24 - 20) = (h_c + h_r) \cdot 4 \quad \text{Eq. 1.11}$$



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

Si una habitació comença a rebre una carrega tèrmica repentina pujarà la temperatura de les superfícies i augmentarà la temperatura ambient. Si la temperatura augmenta dos graus, el calor  $q_2$  cedit pel terra a l'habitació serà:

$$q_2 = h_c \cdot (24 - 22) + h_r \cdot (24 - 22) = (h_c + h_r) \cdot 2 \quad \text{Eq. 1.12}$$

Relacionant de nou ambdues expressions s'obté que:

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{4}{2} = 2 \quad \text{Eq. 1.13}$$

El que demostra que el terra radiant reduirà a la meitat la seva aportació de calor si la temperatura ambient augmenta 2 °C.

Amb una calefacció per radiadors el calor que cedeixen aquests a l'habitació pot expressar-se mitjançant la següent formula:

$$q = P_{elm} \cdot \left( \frac{T_{ent} - T_{sal}}{2} - T_a \right) \quad \text{Eq. 1.14}$$

Essent:

$P_{elm}$ : El coeficient de potència cedida per element, característic del propi emisor.

$T_{ent}$ : Temperatura d'entrada al radiador.

$T_{sal}$ : Temperatura de sortida del radiador.

$T_a$ : Temperatura de l'aire ambient.

Per una habitació a 20 °C i una temperatura mitjana d'entrada i sortida de 70 °C es té una emissió convectiva  $q_1$  de:



$$q_1 = P_{elm} \cdot (70 - 20) = P_{elm} \cdot 50 \quad \text{Eq. 1.15}$$

Si la temperatura de l'habitació puja a 22 °C, la temperatura mitja de l'aigua de calefacció es manté a nivells pròxims als 70 °C, quedant el calor  $q_2$ , cedit a l'estància en:

$$q_2 = P_{elm} \cdot (70 - 22) = P_{elm} \cdot 48 \quad \text{Eq. 1.16}$$

I relacionant  $q_1$  i  $q_2$  com fins ara:

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{50}{48} = 1,04 \quad \text{Eq. 1.17}$$

De l'equació 1.17 és dedueix que l'emissió varia menys d'un 4 % si l'ambient puja 2 °C la seva temperatura. El que demostra que mentres un sistema radiant estalvia en aquestes circumstàncies un 50 % de combustible un altre sistema no estalvia ni un 5 %.

Segons això es evident la incidència en el consum de combustible, sobre tot en locals com aules, teatres, auditoris, etc., on sovint entren i surten un nombre considerable de persones, i en els que els sistemes convectius tenen dificultats per a adaptar-se amb rapidesa a la nova situació.

**- Capacitat de redistribució del calor.** Encara que difícilment quantificable, quan per incidència de la radiació solar, o per algun altre factor més o menys circumstancial, es produeix una aportació gratuïta de calor o fred en una zona del terra o superfície radiant, el sistema de tubs empotrats absorbeix aquesta fluctuació tèrmica repartint-la per la resta de circuits o superfícies, i com a conseqüència entre els diferents ambients.

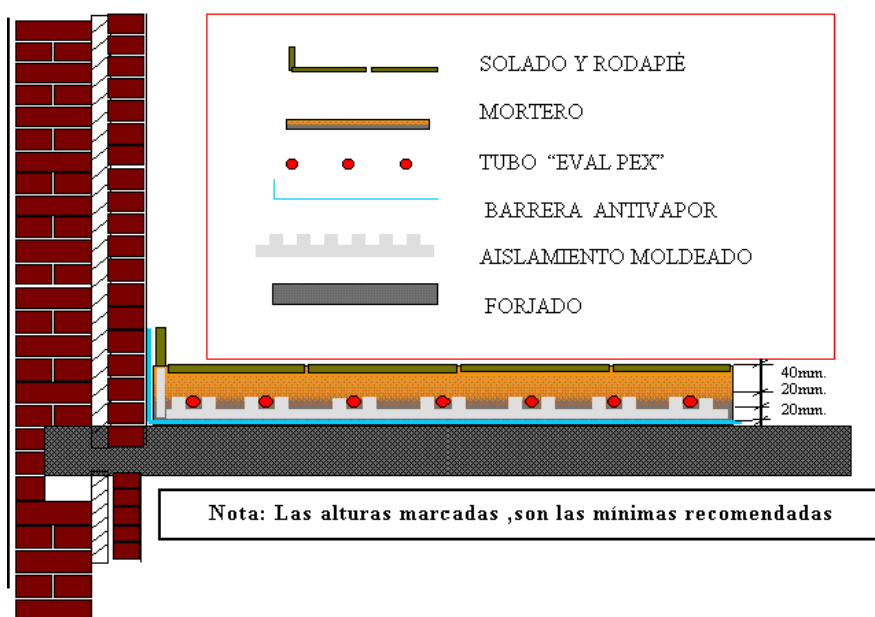
#### 1.8.4.5. Característiques constructives del terra radiant

El terra radiant, bàsicament es realitza sobre el forjat de la vivenda, el qual se li afegeix una placa de poliuretà expandit de  $25 \text{ kg/m}^3$  amb unes formes especials per aconseguir una distribució idònea dels tubs de Polietilè, ademés de dotar de major consistència mecànica a la placa.

Aquesta placa ademés té una capa plàstica a la part superior, que fa de barrera de vapor amb la massa de formigó que posteriorment es fica. D'aquesta manera queda totalment sanejada la part inferior de possibles condensacions.

A la part lateral, s'instal·la una tira perimetral a l'habitacle d'espuma de polietilè que permet absorbir les dilatacions que es produeixen a la placa de formigó a l'escalfar-se. Aquesta tira és d'uns 8/10 mm i una vegada fraguat el formigó se'n tallarà les sobres.

Sobre aquesta base preparada adequadament, s'instal·larà el tub de Polietilè de 1,8 a 2 mm de gruix de la paret. Un esquema de la instal·lació de terra radiant es mostra en la Fig 1.12.



**Fig 1.9. Tall en la secció d'un terra radiant.**



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

#### 1.8.4.6. Per què utilitzar el sistema de terra radiant?

Les diferències fonamentals amb la resta dels sistemes de calefacció són les següents:

1. La temperatura de treball de l'aigua està entre 30 i 50 °C, no superant mai els 55 °C. Els sistemes de radiadors funcionen amb aigua entre 70 i 90 °C. Això permet utilitzar generadors de calor de baixa temperatura com poden ser les bombes de calor o els panells solars, així com qualsevol tipus de caldera elèctrica, de gas o gasoil, evitant el risc de cremades.
2. En un local calefactat per aquest sistema la temperatura és molt uniforme. No existeixen zones fredes i zones calentes com succeeix en calefaccions per aire o per radiadors, on les zones pròximes als emissors estan més calentes que les allunyades o que les pròximes a finestres, formant-se a més a més bosses d'aire calent als sostres. Les asimetries radiants provocades per grans finestres poden ser compensades amb un augment de la densitat dels tubs embotits en les zones on es trobin les superfícies amb finestres.
3. L'absència en parets i sostres d'emissors de calor permet més versatilitat en les propostes de decoració i disposició del mobiliari augmentant el confort visual i l'estètica.
4. La velocitat de circulació de l'aire no supera els 0,05 m/s de manera que no hi ha moviments de pols ni ennegriments de parets i cortines. A més a més, per aquest motiu s'evita la sensació desagradable de corrents fluctuants d'aire. Els anomenats radiadors que es col·loquen a les parets només irradien entre un 10 i un 30% de la seva potència calorífica, la resta de l'emissió la realitzen per convecció. En una superfície radiant la radiació representa més del 60% de la seva potència calorífica.
5. Des del punt de vista de la salut disminueix la probabilitat de contreure afeccions respiratòries al no existir pràcticament corrents d'aire i no influir de manera important a la humitat relativa, ja que es treballa amb una temperatura seca de l'aire ambient d'almenys dos graus per sota que amb altres calefaccions. En vivendes i



escoles bressol amb nens, aquests contreuen menys refredats ja que bona part del temps el passen al terra. Evita el mal de cap i atordiment provocat per aire excessivament calent al voltant del cap, es mantenen els peus calents i el cap serà.

6. En locals amb sostres alts com esglésies, auditoris, teatres, cinemes, etc., l'estalvi energètic és substancial, ja que es treballa amb una temperatura de l'aire ambient inferior almenys en 2 °C als sistemes que utilitzen exclusivament aire com a vehicle portador de calor. Cal tenir en compte que en aquests edificis el volum a tractar és molt elevat i per circulació natural s'acumula en les zones més altes de l'edificació.
7. Un sistema radiant compleix millor que cap altre amb les condicions interiors de benestar tèrmic establertes al RITE en la seva ITE 02.2.1, en el que es fa referència al gradient tèrmic segons l'alçada i la velocitat de circulació de l'aire.
8. Tenint en compte l'interval de temperatures ambient de 20 a 28 °C el cos humà bescanvia un 30% de calor per convecció, un 40% per radiació i un 25% per evapotranspiració. De manera que escalfant o refredant superfícies grans s'augmenta l'eficàcia dels bescanvis entre el cos i l'entorn.

#### 1.8.4.7. Elements de la instal·lació de terra radiant

##### Canonades plàstiques

Els materials que s'utilitzen actualment per fer les canonades plàstiques suporten temperatures superiors als 100 °C, són les canonades termoplàstiques. Els tres tipus de canonades que s'utilitzen són: polipropilè copolímer (PP-c), polietilè (PB), i el polietilè reticulat (PER o VPE). Els tres tipus de canonades tenen característiques comuns: són flexibles, de parets molt llises, i sensibles a la component ultraviolada de la radiació solar, que provoca en elles efectes d'envelliment i pèrdua d'elasticitat.

Els diàmetres comercials útils i habituals per a aquest tipus d'instal·lacions són el de 12/16 mm (16x2) i el de 16/20 mm (20x2). Corresponent a aquesta nomenclatura el primer número al diàmetre interior i el segon al diàmetre exterior (o també, entre parentesis,



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

diàmetre exterior i gruix de la paret). El tub de 12/16 és el més utilitzat en les instal·lacions de menys de 150 m<sup>2</sup>, amb diàmetres menors es pot augmentar la densitat del tub embotit (metres lineals de tub per unitat de superfície emissora), augmentant d'aquesta manera la superfície exterior del tub en contacte amb el morter i millorant l'intercanvi de calor. No obstant, no és convenient instal·lar canonades de menor diàmetre que la de 12/16, i la indicació va encaminada obviament a facilitar la circulació del fluid portador de calor i a limitar el tamany dels circuladors. Quan la instal·lació té una certa envergadura (superfícies de més de 200 m<sup>2</sup>) s'han d'utilitzar canonades de 16/20.

Els tubs es subministren, normalment, en rotllos de 50, 120, 200 m, i amb altres longituds segons el fabricant o sota comanda. L'elecció del número de rotllos de cada tamany ha d'anar encaminada a optimitzar el cost reduint el màxim les restes sobrants si s'utilitzen materials de fabricants que no recomanen la realització d'unions mecàniques sota el terra.

### Aïllaments

Per evitar que la calor es propagui cap a baix és precís col·locar un aïllant entre el forjat i el morter que cobreix els tubs. El material més utilitzat per a aquesta finalitat és el poliestiré expandit – porexpan- d'alta densitat, amb una densitat superior a 20 kg/m<sup>3</sup>. Aquesta és la densitat mínima per a que soporti sense deformacions la llosa del paviment i tot el que es trobi sobre ell. A més a més del porexpan existeixen al mercat altres materials que poden utilitzar-se com a aïllament base tal com el P.V.C. expandit, la llana de roca, el poliuretà, etc. Els fabricants haurien de buscar i oferir productes alternatius a alguns plàstics esmentats, doncs els seus processos de fabricació deixen molt que desitjar en quant a ser respectuosos amb el medi ambient.

Existeixen una gran varietat de sistemes d'aïllament de terra amb gruixos generalment compresos entre 2 i 4 cm, alguns dels quals es descriuen a continuació.

- **Planxes llises** de porexpan d'alta densitat sense encadellar. Aquest sistema requereix la col·locació d'una làmina de plàstic damunt de l'aïllament per evitar la





creació de ponts tèrmics i acústics, al poder penetrar el morter de ciment fresc per les escletxes que queden entre planxa i planxa.

- **Planxes llises** de porexpan encadellades que es solapen unes amb altres pel lateral.
- **Planxes amb tetons per guiar el tub** a la distància adequada **i serveix de sistema de fixació**. Encara que les tensions del tub al vindre enrotllat de fàbrica fan necessari de vegades la utilització de grapes de fixació. Els models normals permeten distàncies de separació entre tubs de 8, 16, 24 , 32 cm; o 5, 10, 15, 20, 25 i 30 cm.
- **Planxes especials de molt alta densitat** amb grapes rígides de clorur de polivinil o de polietilè per suportar pesos importants.
- **Planxes en rotllos** que incorporen làmines de paper Kraft, film d'alumini i film de polietilè. Sense tetons i amb solapes adhesives a un lateral per fixar unes bandes amb les altres.
- **Planxes de petit gruix i de molt alta densitat**, per llocs on tenim limitada l'altura.

#### Sistemes de fixació

Al desenrotllar la canonada sobre l'aïllant base es necessari fixar-la al mateix temps. Qualsevol sistema de fixació del tub a l'aïllament pot ser vàlid sempre que no es provoquin friccions que puguin deteriorar les parets del tub als seus esforços de dilatació i contracció, degut als habituals canvis de temperatura.

- **Fixació amb malla de vares d'acer i llaços:** consisteix en col·locar una malla de vares d'acer electrosoldades sobre la capa d'aïllant i fixar les canonades mitjançant llaços no metàl·lics.
- **Fixació amb guies i grapes:** amb tacos i tornillos al forjat, es fixen sobre l'aïllament base unes guies metàl·liques o de plàstic que porten incorporades unes grapes que a la vegada serveixen per la fixació de la canonada.



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

- **Fixació amb grapes:** consisteix en unes grapes que es rosquen sobre l'aïllament i en les que s'encaixa posteriorment la canonada. Aproximadament s'ha de col·locar una grapa per cada metre linial, i de 2 a 3 grapes en cada canvi de direcció de 90° i de 3 a 4 grapes quan el canvi de direcció és de 180°.
- **Fixació amb grapes arpó:** les grapes es col·loquen amb una eina especial i al mateix temps que es desenrotlla el tub. Aquest sistema permet una posició més alçada dels operaris, el que disminueix la fatiga al treball.
- **Fixació incorporada a l'aïllament:** les planxes incorporen uns tetons entre els que s'encaixa el tub. No obstant, a vegades s'ha de complementar l'anclatge amb alguna grapa, sobretot en les corbes de 180°, ja que aquí de vegades el tub tendeix a aixecar-se.

### Banda perimetral

Es una banda de material aïllant que separa la llosa de morter i l'enrajolat de les parets, aconseguint que aquest sigui un paviment flotant, facilitant la dilatació del mateix i pal·liant l'efecte de fuga de calor degut al pont tèrmic del terra amb les parets i tancaments laterals. La temperatura de treball dels sistemes radiants no implica risc de trencament de l'enrajolat per efectes de dilatació. El material per la banda perimetral pot ser poliuretà, poliestiré expandit o algun altre material aïllant. El seu gruix no acostuma a ser superior a 10 mm i la seva altura de 10 a 16 cm.

### Distribuidor

Com el seu nom indica la seva missió és distribuir l'aigua de la canonada general que porta l'aigua calenta o freda a cada un dels circuits emissors, normalment dividits per habitacions, i recollir l'aigua dels circuits per tornar-la per una canonada general al generador. El distribuïdor està compost de dos canonades horitzontals paral·leles subjectes a la paret mitjançant un suport. A aquestes canonades anomenades col·lectors se'ls acoblen



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

en derivació vàlvules, detentors, purgadors, termòmetres, aixetes de buidatge i cabalímetres, i d'aquí parteixen els tubs cap al terra. Un dels tubs col·lectors és el d'anada i l'altre el de retorn.

Els distribuïdors han de portar un detentor per circuit per a que es pugui regular el cabal de pas a cada un d'ells, realitzant un equilibrat hidràulic de l'instal·lació. També han d'incorporar una vàlvula micromètrica per a cada circuit per a que l'usuari pugui connectar o desconectar la calefacció a les diferents zones o habitacions a les que correspon.

Altres dispositius imprescindibles que ha d'incorporar el distribuïdor són els purgadors. Aquests elements permeten l'evacuació de l'aire de les instal·lacions, i poden ser manuals o automàtics, s'ha de col·locar un a la sortida i l'altre al retorn, o almenys un al col·lector que estigui situat més alt, que serà preferiblement el de retorn.

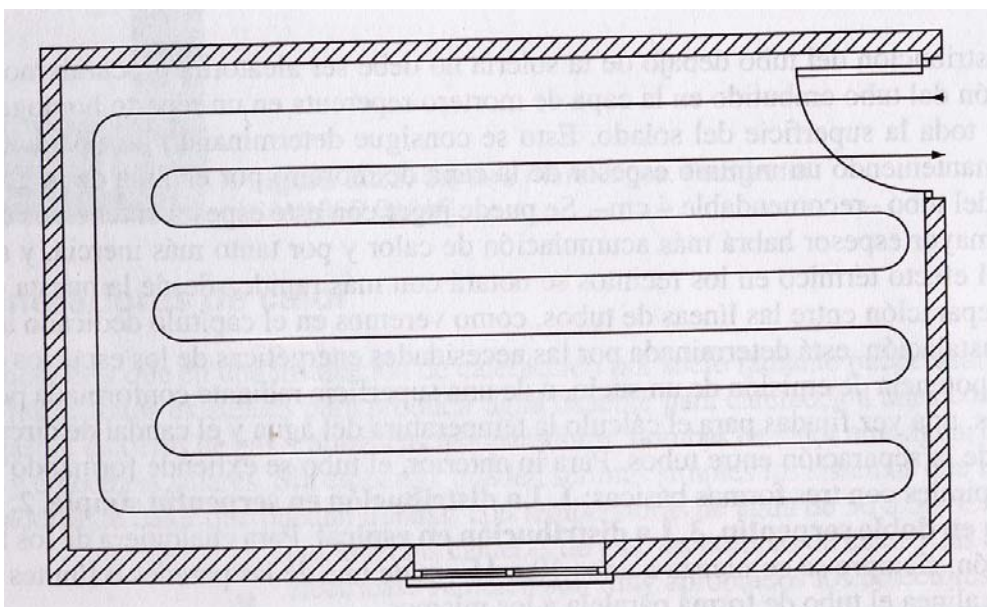
A cada un dels tubs col·lectors, amb objectiu de poder independitzar-los de la resta de la instal·lació, se li connecten unes claus d'esfera, una a l'entrada del col·lector d'anada i una altra a la sortida del de retorn.

#### 1.8.4.8. Tipus de circuits i les seves variants

La distribució de les canonades no pot ser aleatòria. S'ha de procurar que la disposició de les canonades embotides en la capa del morter repercuteixi en una repartició homogènia de la calor per tota la superfície del terra. Això s'aconsegueix determinant la separació entre les canonades i mantenint un mínim gruix de capa de morter per damunt de les canonades (recomanable 4 cm). La separació entre les línies de les canonades està determinada segons les necessitats energètiques dels espais climatitzats. Les canonades s'estenen formant serpentins o espirals, normalment amb tres formes bàsiques.

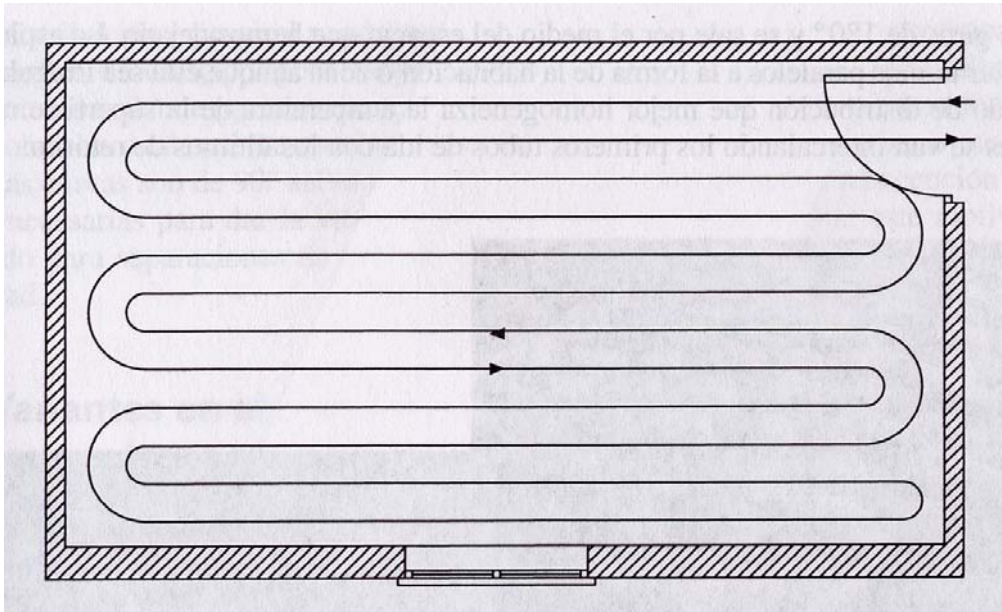
- Distribució amb serpentí simple. Consisteix en distribuir el tub tal i com es mostra a la Fig 1.14 formant línies paral·leles d'anada i tornada mantenint la separació entre elles. És la forma més fàcil, però per separacions entre línies inferiors a 24 cm les

corbes de 180° presenten dificultats d'execució. Aquest sistema és el més senzill però presenta l'inconvenient que es calenta més la solera al començament que al final del recorregut, per la qual es creen diferències de temperatura en l'habitació. Malgrat tot, les diferències són menors que en la calefacció per radiadors.



**Fig 1.10. Distribució en serpenti simple.**

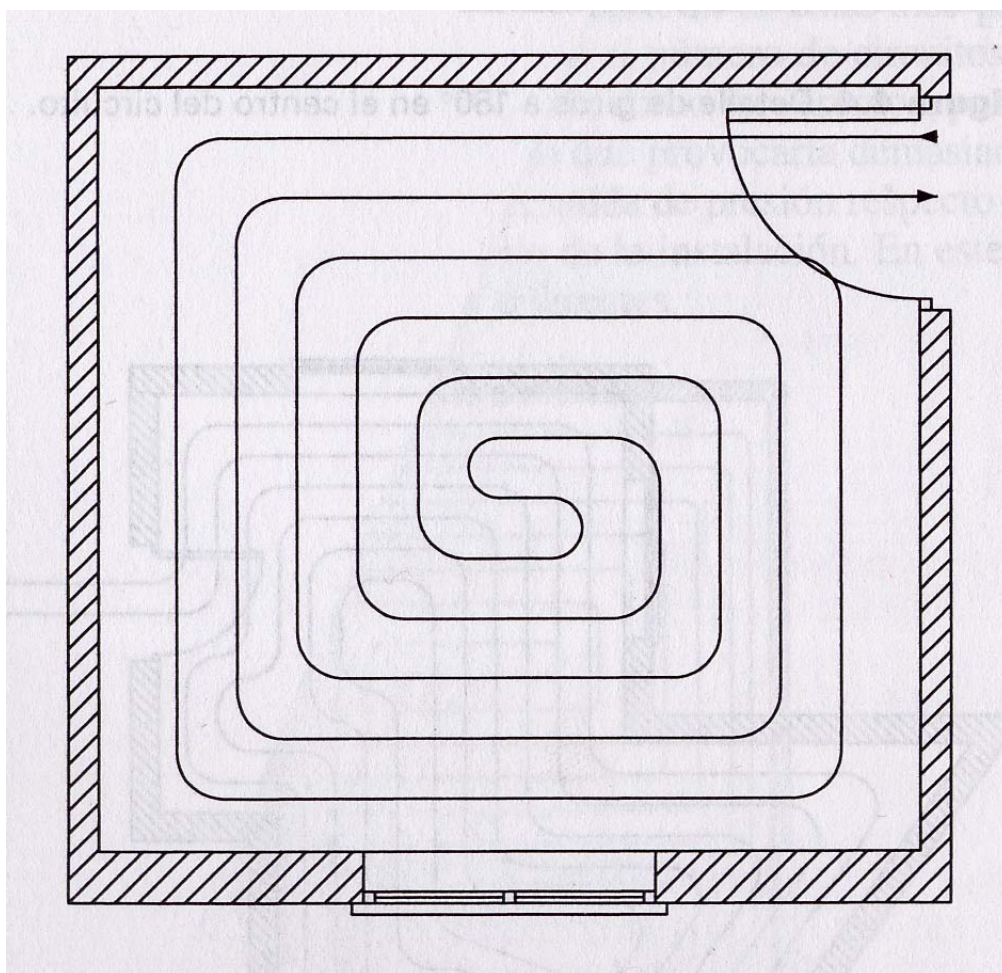
- Doble serpenti. Consisteix en anar intercalant una línia d'anada amb una de tornada. Al desenrotllar el tub es realitza una filera, es fa una corba de 180° deixant al mig tres vegades la distància de separació entre tubs, que ha de quedar al final, per poder intercalar dos noves línies a la tornada, es torna a tirar una altra línia i de nou una corba de 180°, aquesta vegada deixant només una distància de separació, i així repetidament. La Fig 1.15 mostra aquest tipus de distribució.



**Fig 1.11. Distribució en doble serpentí.**

- Distribució en espiral. Consisteix en distribuir el tub des dels límits exteriors cap al centre de l'habitació. Tal i com es veu en la Fig 1.16 deixant entre línies paral·leles dos distàncies de separació per poder tornar amb el tub per entre cada dos línies i que al final totes les línies tinguin la mateixa distància unes de les altres. Una vegada s'arriba al centre es fan dos girs de 180° i se surt pel mig de l'espai que s'ha deixat. L'espiral ha de seguir trams paral·lels a la forma de l'habitació encara que sigui irregular. És el mode de distribució que millor homogenitza la temperatura de la superfície radiant, doncs es va intercalant els primers tubs d'anada amb els últims de tornada.





**Fig 1.12. Distribució en espiral.**

#### 1.8.5. Selecció de la bomba geotèrmica

En aquest apartat es descriu la selecció del model de bomba de calor que s'instal·larà en el projecte. Actualment, la gamma de models existent en el mercat no és massa ampla degut a que aquesta tecnologia es troba encara en fase de creixement.

A l'hora de triar la bomba més adient a les necessitats del projecte s'ha de tenir en compte els següents punts:



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

- Alta eficiència i capacitat de producció tèrmica estable
- Cost de manteniment reduït
- No és necessari caldera de recolzament
- Possibilitat de fer fred i calor a la vegada sense regulacions complicades
- Eliminació d'equips exposats a la intempèrie
- Reducció d'espai en la sala tècnica de l'edifici
- Quantitat de refrigerant limitat al necessari dins l'equip frigorífic
- Reducció de CO<sub>2</sub> de forma directa i indirecta
- Reducció de la potència elèctrica a contractar respecte a sistemes tradicionals
- Excel·lent cicle de vida de l'equip respecte a equips tradicionals

La bomba geotèrmica que es descriu a continuació és de la marca Ciatesa la qual ha sigut desenvolupada per a poder adaptar-se a qualsevol tipus d'instal·lació existent, sense comprometre l'eficiència energètica o el funcionament.

Per la part de l'interior de la vivenda, les bombes tant poden subministrar l'energia a instal·lacions tradicionals com a unitats terminals com a instal·lacions de panells radiants per refredament i calefacció, produint l'aigua directament a la temperatura sol·licitada per aquest tipus especial d'instal·lació. Així mateix també es poden utilitzar per a l'escalfament d'aigua sanitària.

Per la part de l'alimentació aquest tipus de bombes són ideals per aprofitar l'energia acumulada al terreny o a l'aigua. L'equip ha estat projectat pel seu ús amb circuits tancats, a través de sondes de desenvolupament horitzontal o vertical que continguin aigua amb una solució anti-congelant o bé amb circuits oberts.

La potència de calefacció necessària per a la instal·lació és de 6,97 kW i si s'observa a la taula 1.28 el model més petit de la marca Ciatesa ja dona la potència necessària, el model Áurea2 30H proporciona 9,4 kW de potència de calefacció.

Amb aquesta bomba és preveu la situació de que la instal·lació no es vegi afectada en el cas que un any faci molt fred, i que aquesta pugui suportar l'increment de consum i funcionar de forma relaxada. En el cas que en el futur augmenti el consum de calefacció o s'aprofiti per a produir l'aigua calenta sanitària llavors és podrà seguir utilitzant la mateixa bomba.

	Potencia frigorífica (1) kW	Potencia absorbida (1) kW	Potencia calorífica (2) kW	Potencia absorbida (2) kW	C.O.P.	Clasifica- ción energética	Nivel acústico (3) dB(A)	Peso kg	Alimentación
Aurea 2									
30H	6,9	2,1	9,4	2	4,7	A	34	135	Mono 230V
40H	9,2	2,6	12,1	2,4	5	A	34	139	
40 HT	9,2	2,5	12	2,3	5,2	A	34	139	Tri 400V
50HT	12,7	3,2	16	3,1	5,2	A	36	154	
65HT	15,5	3,9	19,8	3,7	5,3	A	39	164	
80HT	18,4	4,8	24,5	4,6	5,3	A	39	168	
100HT	23,2	5,8	31	5,5	5,6	A	41	190	
120HT	27,6	6,9	36,3	6,6	5,4	A	44	195	

(1) Potencias frigoríficas indicadas para agua fría 7°C/12°C, régimen condensador 30°C/35°C

(2) Potencias caloríficas indicadas para agua caliente 35°C/30°C, régimen evaporador 10°C

(3) Nivel de presión acústica en modo calor a 5 metros, a 1,5 metros del suelo, en campo libre y directividad 2

**Taula 1.30. Models de bomba geotèrmica Ciatesa.**





Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

## **1.9. RESULTATS FINALS**

### **1.9.1. Descripció general de la instal·lació**

La instal·lació que es descriu a continuació es tracta d'un sistema de climatització amb energia geotèrmica a partir de terra radiant mitjançant un pou de 80 m de profunditat, el qual serà l'encarregat d'aconseguir els 6.971,45 W necessaris per calefactar la vivenda de 62,6 m<sup>2</sup> distribuïts en dues plantes.

El bescanviador geotèrmic aconsegueix la major part de l'energia bescanviant l'energia retinguda en el subsòl amb una barreja d'aigua amb anticongelant i la resta és proporcionada per la bomba de calor aigua-aigua; el fet de ser reversible també proporcionarà refrescament a l'estiu.

El sistema de climatització de la vivenda és un circuit tancat de terra radiant, que és la millor solució quan s'utilitza amb energies renovables ja que la temperatura de l'aigua necessària pel terra radiant és menor i suposa un menor consum.

La distribució dels tubs pel terra radiant és en espiral ja que és l'opció que distribueix la temperatura a l'habitació de forma més regular. La dependència cuina-menjador és l'única sala que s'ha dividit en dos circuits, ja que sinó, la canonada ha de ser molt llarga i l'eficiència disminueix.

### **1.9.2. Circuit primari**

La funció d'aquest circuit és absorbir l'energia geotèrmica per calefactar la casa. Consisteix en un pou de 80 m de profunditat que mantindrà l'aigua a una temperatura constant tot l'any i amb l'ajuda d'una bomba de calor aigua-aigua s'escalfarà l'aigua fins a la temperatura adient per climatitzar la casa mitjançant el circuit secundari.

Els elements que componen aquest circuit



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

Codi	Element
M-1	Manòmetre
VS-1	Vàlvula de seguretat
VT-1 VT-2	Vàlvula de tall
PA-1	Purgador d'aire
BC-1	Bomba de calor

**Taula 1.31. Elements del circuit primari**

#### 1.9.2.1. Característiques del bescanviador

El bescanviador consisteix en un pou d'una profunditat de 80 m el qual està compost de dues canonades, una d'anada i l'altra de tornada, el diàmetre de les quals és de 0,032 m, i sent el diàmetre del pou de 0,15 m, el qual està reomplert de bentonita per tal de facilitar la transferència de calor. L'ompliment es comença des de la part baixa del pou fins la superfície per així evitar que no hi hagi bosses d'aire.

#### 1.9.2.2. Bomba calor aigua-aigua

La bomba de calor és l'encarregada d'incrementar la temperatura de l'aigua fins la temperatura desitjada per mitjà d'una aportació d'energia. La bomba escollida és el model Áurea 2 30H de la marca Ciatesa, proporciona una potència de calefacció de 9,40 kW, porta incorporat un vas d'expansió i dues bombes circuladores. Les característiques tècniques de la bomba es poden observar en l'apartat 4.3 del plec de condicions.

#### 1.9.2.3. Canonades

Les canonades del circuit primari són de polietilè PN16 per al pou i pel tram del pou fins la bomba de calor poden ser de PN10. S'ha escollit un únic diàmetre de canonades que és el del diàmetre del bescanviador 1 ¼".

Les canonades aniran soterrades fins a l'arribada de la casa.



#### 1.9.2.4. Bomba circulació

La bomba de circulació permet impulsar el fluid caloportador al llarg del circuit primari. El model de bomba de calor seleccionat porta incorporat una bomba circuladora per al circuit primari i secundari, tal i com ja s'ha comentat anteriorment el cabal mig que pot proporcionar la bomba de calor és de 1,35 m<sup>3</sup>/h suficient per impulsar els 34,58 L/h calculats en l'apartat 2.4.1.

#### 1.9.2.5. Vas expansió

El circuit primari comptarà amb un vas d'expansió per tal d'absorbir les variacions de volum experimentades pel fluid caloportador degut als canvis de temperatura.

Segons el RITE, el volum mínim del vas d'expansió ha de ser el 6 % del volum total de fluid del circuit. Segons aquesta condició es té que, si el volum total de fluid del circuit primari és de 135 L, aleshores el vas d'expansió ha de tenir un volum mínim de  $135 \times 0,06 = 8,1$  L. Segons els càlculs de l'apartat 2.5.2., el volum mínim del vas d'expansió és de 5,1 L. El volum mínim que compleix ambdues restriccions és 8,1 L.

El model triat de bomba de calor aigua-aigua porta incorporat un vas d'expansió per al circuit primari de 8 L just el necessari per la nostra instal·lació per tant no és necessari incorporar un vas d'expansió addicional.

#### 1.9.2.6. Altres elements

##### Purgadors d'aire

S'instal·laran purgadors d'aire a la part alta del bescanviador per tal d'eliminar l'aire que es pugui acumular. En concret al circuit primari és col·locarà un únic purgador just a la part alta del bescanviador.



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

Els purgadors seran de la marca Voss, concretament el model Prug-O-Mat, un purgador automàtic de boia creat per eliminar tot l'aire de les instal·lacions obertes o tancades d'aigua calenta o freda.

#### Vàlvules de tall

Seràn vàlvules de bola manuals, ja que aquest tipus permet la regulació tot-o-res que és necessària per a la instal·lació. S'instal·laran vàlvules de bola de llautó de la marca comercial Salvador Escoda.

#### Vàlvules de seguretat

La vàlvula de seguretat permetrà prevenir sobrepressions o temperatures excessives en el circuit. S'instal·laran vàlvules de la marca Salvador Escoda, fabricades en llautó i tarades a 3 bars de pressió.

### **1.9.3. Circuit secundari**

La funció del circuit secundari és garantir el confort tèrmic dels ocupants de la vivenda mitjançant el sistema de terra radiant.

Els elements que componen aquest circuit són el sistema de calefacció per terra radiant, la bomba de circulació, i les vàlvules, i es mostren en la taula 1.31.

VT-3 a VT-8	Vàlvules de tall
VS-2	Vàlvules de seguretat
M-2	Manòmetre
VQ-1	Vàlvules 3 vies
DT-1 a DT-7	Detentor
SD-1 a SD-12	Sonda de temperatura
CR-1	Centraleta de regulació

**Taula 1.32. Elements del circuit secundari.**



#### 1.9.3.1. Terra radiant

La funció del terra radiant és garantir el confort dels ocupants de la vivenda. Per realitzar el disseny de la instal·lació s'ha dividit la vivenda en 7 circuits, que corresponen dos a la cuina-menjador, tres per les tres habitacions, un per la sala d'estar i un altre pel lavabo.

El distribuïdor situat dins la casa és l'encarregat de distribuir l'aigua per a cada circuit. Disposarà de dues vàlvules de tall: una a l'entrada i l'altra a la sortida, i després de cada vàlvula es col·locarà un purgador per tal d'eliminar l'aire dels tubs de terra radiant.

La construcció del terra radiant és descriu a continuació:

- Panell aïllant per tetons plastificat de la marca Barbi. Té un pas entre tubs de 100 mm i un gruix de 50 mm (base i tetons).
- Tubs de terra radiant marca Barbi de 20 mm de diàmetre i de color blanc. La instal·lació té una longitud total de 375 m
- Banda perimetral Barbi amb solapa autoadhesiva i pretallada. Té una altura de 120 mm i un gruix de 8 mm, són necessaris 84,5 m de banda perimetral.
- Additiu fluïdificant per a morter de la marca Barbi. És un fluïdificant i reductor d'aigua per aconseguir formigons resistents i fluids.
- La capa de morter per sobre dels tubs farà 40 mm de gruix. A sobre d'aquesta capa es col·locarà una capa de ciment cola de 5 mm i rajoles de gres de 10 mm de gruix.
- Kit de col·lectors per terra radiant marca Barbi. Per a tubs de 16/20 inclou 7 sortides amb col·lector d'anada amb detentor incorporat, col·lector de retorn amb vàlvules termoestabilitzables incorporades, dos suports per a col·lectors de terra radiant 1 1/4", dos vàlvules d'esfera amb ràcord mòbil i termòmetre, adaptadors per a tub de polietilè reticulat Barbi i dos ràcords amb purgador automàtic i aixeta de buidat.
- Caixa metàl·lica de la marca Barbi, per a col·lector de 1 1/4".



Els càlculs de la instal·lació de terra radiant estan justificats a l'apartat 2.3 dels annexes. Els resultats es mostren a la taula 1.31.

	menjador	cuina	sala estar	habitació 1	Habitació 2	Habitació 3	Bany
codi circuit	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
Q (W)	1074,89	362,11	534	926	426	370	556
Sc (m <sup>2</sup> )	14,55	4,9	13,07	9,9	10,21	6,13	2,22
Qu (W/m <sup>2</sup> )	129,77	96,53	72,03	157,64	67,08	100,62	363
AT (°C)	13	13	12	11	11	11	9
d (cm)	25	20	25	20	20	20	15
Q (L/h)	522,97	131,04	282,44	510,76	224,15	201,87	322,34
Pèrduesmmca/m	55	55	10	34	7	9	14
Pc (mmca)	4401,98	1752,54	718,85	2187,9	464,55	358,6	261,07

**Taula 1.33. Resultats dels càlculs de la instal·lació del terra radiant**

#### 1.9.3.2. Canonades

Les canonades de connexió entre el distribuïdor i la bomba de calor seran de coure, de tipus M, i de diàmetre 1 1/4".

#### 1.9.3.3. Bomba de circulació terra radiant

Segons els càlculs de l'apartat 2.3 del projecte, les pèrdues de càrrega que ha de superar la bomba en el circuit secundari són de 2.266,65 mmca, proporcionant un cabal de 525,26 L/h.

La bomba de calor porta incorporat una bomba circuladora pel circuit primari i una altra pel circuit secundari. El cabal mig que proporciona la bomba Ciatesa Àurea2 30H és de 1,58 m<sup>3</sup>/h més que suficient per fer funcionar el terra radiant de la nostra instal·lació.



#### 1.9.3.4. Vas expansió

El vas d'expansió haurà d'absorbir les possibles dilatacions de l'aigua d'aquest circuit. El volum total d'aigua serà la que continguin les canonades del terra radiant més la que s'emmagatzema al dipòsit d'acumulació.

Segons el RITE el vas haurà de tenir una capacitat mínima del 6% del volum d'aigua total, que en aquest cas és de 98 L. Per tant el volum mínim haurà de ser de 5,88 L. En els càlculs realitzats a l'apartat 2.5.3. s'ha obtingut un volum mínim de 0,75 L. Així el volum mínim del vas d'expansió és de 5,88 L.

El model triat de bomba de calor aigua-aigua porta incorporat un vas d'expansió per al circuit secundari de 8 L més dels 5,88 L necessaris per la nostra instal·lació.

#### 1.9.3.5. Altres elements

##### Termòstat

Es col·locarà un termòstat amb sonda de temperatura ambient per tal de que la centraleta de regulació obtingui el valor de la temperatura de l'interior de la vivenda. El termòstat serà de la marca Roca, model TD100 digital.

##### Sondes de temperatura

S'instal·laran sondes de temperatura del tipus PT100 a l'anada del circuit, a la vàlvula de 4 vies una sonda ambient i una sonda a l'exterior.

##### Vàlvules de tall

S'instal·laran vàlvules de tall de tipus bola, de llautó de la marca comercial Salvador Escoda. Es col·locaran als següents punts:

- A la canonada d'anada i retorn de la bomba de calor.
- A la entrada i sortida de cada distribuïdor.



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

### Vàlvula de seguretat

Es col·locarà una vàlvula de seguretat de la marca comercial Salvador Escoda al retorn de la bomba de calor.

## **1.9.4. Regulació de la instal·lació**

### 1.9.4.1. Centraleta de regulació

La regulació de tota la instal·lació es realitzarà des de una mateixa centraleta de regulació, que permetrà controlar tant el circuit primari com el secundari.

Els paràmetres a controlar per la centraleta són els següents:

- Temperatura del fluid caloportador després de passar per la bomba de calor.
- Temperatura d'entrada de l'aigua als circuits de terra radiant.
- Temperatura ambient interior de la vivenda.
- Temperatura exterior.

La centraleta de regulació CM67RFGN de la marca comercial Honeywell, permet regular sistemes de calefacció de forma molt intuïtiva gràcies a la seva pantalla multifuncional on es pot representar esquemàticament la instal·lació completa.

### 1.9.4.2. Control de la instal·lació

La calefacció de la vivenda està controlada per la centraleta de regulació. El termòstat situat a l'interior de la vivenda proporciona a la centraleta la temperatura interior i la temperatura desitjada per l'usuari, i actuarà sobre la bomba circuladora per tal de fer circular l'aigua calenta pels circuits del terra radiant.

Una sonda situada a l'entrada del distribuïdor del terra radiant més allunyat dona la temperatura d'entrada de l'aigua, la qual sempre s'ha de situar als 40 °C aproximadament.





Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

Si aquesta temperatura fos major, la centraleta actuaria sobre la vàlvula de 3 vies per tal de barrejar aquesta aigua amb la que prové del circuit de retorn del terra radiant, aconseguint la temperatura de 40 °C. Les sondes de terra marquen la temperatura a nivell de terra, per tal d'aturar la bomba de calor i no sobrepassar el límit quan s'aconsegueix la temperatura desitjada, també serveix per ajudar a controlar les possibles condensacions quan el terra radiant també s'utilitza com a refrigeració. La sonda exterior serveix per preveure els canvis de temperatura exteriors per tal de avançar-nos al canvi de temperatures ja que al treballar amb inèrcia no es pot fer una producció instantània.

Cada circuit de terra radiant té un termòstat amb una sonda de temperatura ambient per tal de regular la temperatura de cada habitació que obrirà o tancarà el detentor en funció del valor de l'aigua i de l'ambient.

Cal dir que durant els mesos d'hivern l'energia proporcionada per la bomba de calor i el bescanviador geotèrmic és suficient per cobrir la demanda energètica de la vivenda.



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

## 1.10. PLANIFICACIÓ

En aquest apartat es descriu la planificació del present projecte final de carrera. A continuació es descriuen les tasques realitzades i el temps, en dies feiners, que se li ha assignat a cadascuna. Més endavant es mostra un diagrama de Gantt que representa d'una manera gràfica com s'ha dut a terme cadascuna de les tasques al llarg del temps.

### 1.10.1. Definició de les tasques

Anàlisi de requeriments: analitzar les bases del projecte, els objectius, les característiques dimensionals de la vivenda, etc...

Normativa i reglamentació: consisteix en la recerca de les disposicions legals que afecten el projecte.

Informació bibliogràfica: cerca de llibres, documentació tècnica, i manuals.

Càlculs de les necessitats energètiques: determinar la potència necessària de calefacció.

Càlcul de la profunditat de pou: determinar la profunditat necessària del bescanviador per tal d'aconseguir una temperatura òptima constant.

Càlcul del sistema de terra radiant: dimensionar els tubs de terra radiant, determinar circuits i cabals, etc...

Altres càlculs: realitzar els càlculs dels vasos d'expansió, pèrdues de càrrega dels circuits, etc...



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

Selecció de components: cercar catàlegs dels diferents components de la instal·lació.

Redacció de la memòria: consisteix en redactar la memòria.

Redacció de l'annex: consisteix en redactar l'annex del projecte.

Diagrama d'enginyeria: realitzar un diagrama de tota la instal·lació amb els diferents elements que la componen.

Elaboració dels plànols: elaborar els documents gràfics tant de la vivenda com de la instal·lació.

Plec de condicions: redacció d'aquest document.

Estat d'amidaments: elaboració del document a partir de tots els elements instal·lats.

Pressupost: elaboració d'aquest document a partir de l'estat d'amidaments.

Revisió del projecte: seguiment del projecte per part del director.



### 1.10.2. Diagrama de Gantt

	Abril		Maig		Juny		Juliol		Agost		Set		Oct	
Tasca	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20
Anàlisi de requeriments														
Normativa i reglamentació														
Informació bibliogràfica														
Càlculs de les necessitats energètiques														
Càlcul del sistema de terra radiant														
Altres càlculs														
Selecció de components														
Redacció de la memòria														
Redacció de l'annex														
Diagrama d'enginyeria														
Elaboració dels plànols														
Plec de condicions														
Estat d'amidaments														
Pressupost														
Revisió del projecte														



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

## 1.11. CONCLUSIONS

Degut a la importància que esta prenent les energies renovables i la consciència amb el planeta s'ha volgut dissenyar una instal·lació que aprofiti una d'aquestes energies, sent l'energia geotèrmica l'elegida.

L'energia geotèrmica de baixa temperatura no és suficient per calefactar tota la vivenda i per això ha d'anar unida a una bomba de calor. S'ha seleccionat una bomba de calor amb un bon rendiment energètic per tal de recolzar el bescanviador geotèrmic.

L'aplicació del terra radiant com a sistema de calefacció és un mètode relativament nou, que en un futur es podria estendre d'una manera més àmplia en la construcció de noves vivendes. És la millor opció per obtenir un major confort dins la vivenda i un estalvi energètic.

La climatització amb energia geotèrmica no es barata però s'hauria de fer un estudi de viabilitat econòmica per tal de saber el temps d'amortització. El consum de la bomba de calor és baix tot i que si es volgués es podria instal·lar unes plaques fotovoltaïques per així obtenir tota la calefacció d'una manera ecològica.



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

## 1.12. AGRAÏMENTS

L'autor del present projecte agraeix l'ajuda rebuda per part de les següents persones:

- Cristian Solé, director del projecte.
- Companys i professors de l'Escola Politècnica Superior.
- Familiars i amics.

Sense ells la redacció d'aquest projecte hauria estat molt difícil.



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

## 2. ANNEX



## **Índex de l'annex**

2.	ANNEX .....	95
	Índex de l'annex .....	96
2.1.	Càlculs .....	97
2.1.1.	Càlculs de les càrregues tèrmiques .....	97
2.1.2.	Resultats obtinguts.....	98
2.1.3.	Resum dels càlculs de les càrregues tèrmiques .....	133
2.2.	Càlcul de l'energia necessària per la calefacció .....	134
2.2.1.	Càrregues calefacció.....	134
2.3.	Dimensionament del terra radiant.....	138
2.3.1.	Mètode de càlcul.....	138
2.4.	Fluid del bescanviador geotèrmic.....	147
2.4.1.	Càlcul cabal bescanviador .....	150
2.5.	Dimensionament del vas d'expansió .....	151
2.5.1.	Mètode de càlcul.....	151
2.5.2.	Vas d'expansió del bescanviador. ....	152
2.5.3.	Vas d'expansió del terra radiant. ....	156
2.6.	Càlculs pèrdues de càrrega .....	158
2.6.1.	Mètode de càlcul.....	158
2.6.2.	Pèrdues de càrrega en el circuit primari .....	160
2.7.	Aïllament de les canonades .....	161
2.8.	Dimensionament del bescanviador .....	163
2.8.1.	Càlcul justificatiu de la longitud del bescanviador de calor terra - aigua... 163	
2.8.2.	Càlcul simplificat de la longitud del bescanviador de calor terra – aigua.. 177	
2.9.	Càlcul numèric del bescanviador.....	181
2.10.	Seguretat .....	182
2.10.1.	Ordre i neteja .....	182
2.10.2.	Transport manual.....	182
2.10.3.	Eines manuals .....	182
2.10.4.	Manipulació de fluids .....	182





Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

## 2.1. Càlculs

### 2.1.1. Càlculs de les càrregues tèrmiques

La càrrega tèrmica és la potència de refrigeració o calefacció que requereix una instal·lació per tal de mantenir unes determinades condicions de temperatura i humitat per una aplicació específica, com per exemple el confort humà.

Si a l'aplicar la càrrega només es produeix una modificació de la temperatura seca de l'aire s'anomena calor sensible, i si es produeix una variació en la quantitat de vapor d'aigua es parla de calor latent.

Pel càlcul de les càrregues tèrmiques de calefacció de les instal·lacions de la vivenda de què és objecte aquest projecte s'ha optat per la utilització del programa informàtic DpClima, ja que els mètodes manuals de càlcul de càrregues tèrmiques són laboriosos.

Aquest programa proporciona una base de dades de la majoria de ciutats espanyoles, on s'indiquen els paràmetres de la seva situació geogràfica, temperatures màximes i mínimes durant l'any, humitat relativa segons l'època de l'any, i d'altres paràmetres que influeixen en els càlculs. A més, també disposa de les característiques tèrmiques de diferents materials que es poden utilitzar per a la construcció de parets, sostres, i paviments, i que fan que l'elecció dels elements estructurals sigui més senzilla i ràpida.

El programa DpClima mostra els resultats en taules o en gràfiques, podent visualitzar els resultats per a cada hora en els mesos seleccionats, o veure la màxima càrrega tèrmica que es pot obtenir per a cada habitació individual, per a cada zona o per a tot l'edifici.

Cal dir que el programa DpClima també calcula el coeficient global de transmissió de calor KG de l'edifici, d'acord amb la norma NBE-CT-79 (Norma Bàsica de l'edificació Condicions Tèrmiques dels Edificis), tot i que aquesta norma ja no és vigent perquè ha sigut reemplaçada pel nou Código Técnico de la Edificación



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

### 2.1.2. Resultats obtinguts

A continuació es mostren les càrregues tèrmiques de calefacció màximes totals en referència a edificis, zones i locals. Les càrregues de calefacció són expressades en numeros negatius



## **Cargas Térmicas Detalladas del Edificio, de sus Zonas y de sus Locales**

Cargas Térmicas de Calefacción Máximas Sensibles

### **Ubicación y condiciones del exterior**

Localidad : Lérida      Altitud: 323 m      Latitud: 41.7 °  
Oscilación máxima anual (OMA): 40.4 °C      Velocidad del viento 0 m/s      Temp.  
terreno en invierno : 6 °C  
Nivel percentil anual : 99.6 %      Tª seca : -4.6 °C      Humedad relativa : 85 %  
Oscilación media diaria (OMD): 7 °C  
Materiales Circundantes: Estándar  
Turbiedad de la atmósfera: Estándar

### **Local: cuina - menjador      Hora de Cálculo: 7      Mes de Cálculo: FEB**

Superficie : 19.45 m<sup>2</sup>      Altura : 2.67 m      AcabadoSuelo: Pavimento / Terrazo  
Condiciones exteriores      Ts : -4.575 °C      Hr : 85 %      W : 0.0021781 Kg/Kg a.s.  
Temp. Terreno : 6  
Condiciones interiores      Ts : 20 °C      Hr : 35 %      W : 0.0050657 kg/kg a.s.  
Ratio max. luces : (incandescentes 5.4 W/m<sup>2</sup>) (fluor.con reactancia 15.4 W/m<sup>2</sup>)  
(fluor.sin rectancia 0 W/m<sup>2</sup>)  
Ratio max. Otras cargas : (sensible 95.4 W/m<sup>2</sup>) (latente 0 W/m<sup>2</sup>) (Ratio max.  
personas/m<sup>2</sup> : 0.257)

Nombre : PA5LA15BP15      Peso : 715 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie : 19.45 m<sup>2</sup>      K : 2.06 W/m<sup>2</sup>°C      Tª terreno : 6.009 °C

**C. Sensible : -560 W**

#### **Cerramientos interiores:**

Nombre: PA5BC20CA30PY2      Peso : 366.7 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 19.45 m<sup>2</sup>      K : 1.44 W/m<sup>2</sup>°C      Tª equivalente : 20.06 °C

**C. Sensible : 1 W**

#### **Cerramientos al exterior:**

Nombre : LM11CA5LH4      Peso : 297 Kg/m<sup>2</sup>      Orientación : NorEste      Color : Medio  
Superficie : 6.78 m<sup>2</sup>      K : 1.6 W/m<sup>2</sup>°C      Tª equivalente : -1.928 °C

**C. Sensible : -237 W**

#### **Ventanas:**

Nombre: finestra 1      Superficie: 0.6 m<sup>2</sup>      K : 4 W/m<sup>2</sup>°C      Orient.: NorEste  
Radiación transmitida ventana : 2 W/m<sup>2</sup>      Fracción Soleada : 0 %      SC : 0.83  
C Sen. cond.: -58 W      C Sen. inst. rad. : 0 W      C Sen. almac. rad. : 0 W

**C. Sensible : -58 W**

#### **Cerramientos al exterior:**



Nombre : LM11CA5LH4    Peso : 297 Kg/m2    Orientación : Sombra    Color :  
Medio

Superficie : 17.66 m2    K : 1.6 W/m2°C    Tª equivalente : -1.928 °C  
**C. Sensible : -619 W**

**Ventanas:**

Nombre: ventana 2    Superficie: 0.55 m2    K : 4 W/m2°C    Orient.: Sombra  
Radiación transmitida ventana : 2 W/m2    Fracción Soleada : 0 %    SC : 0.83  
C Sen. cond.: -54 W    C Sen. inst. rad. : 0 W    C Sen. almac. rad. : 0 W

**C. Sensible : -54 W**

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : LM11CA5LH4    Peso : 297 Kg/m2    Orientación : SurOeste    Color :  
Medio

Superficie : 9.18 m2    K : 1.6 W/m2°C    Tª equivalente : -1.928 °C  
**C. Sensible : -322 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7    Peso : 102 Kg/m2  
Superficie: 14.028 m2    K : 2.21 W/m2°C    Tª equivalente : 7.964 °C  
**C. Sensible : -373 W**

**Puerta:**

Nombre: porta 2    Superficie: 1.512 m2    K : 1 W/m2°C    Interior  
Temp. Equivalente : 7.71 °C    C Sen. cond.: -18 W  
**C. Sensible : -18 W**

**Ocupantes:**

Nº Máx. ocupantes: 5    Nº en ese instante : 1    Actividad: Sentado trab.muy ligero  
/De pie sin mov. 1.08 Met  
Calor sensible por persona : 94 W    Calor latente por persona : 30 W  
Distribución : habitacions  
C Sen. inst. : 103 W    C Sen. almac. : 33 W    C Lat. inst. : 45 W  
**C. Latente : 45 W    C. Sensible : 137 W**

**Iluminacion incandescente :**

Potencia Máxima : 105 W    Potencia en ese instante : 31 W  
Distribución : habitacions  
C Sen. almacenado : 14 W    C Sen. instantaneo : 14 W  
**C. Sensible : 29 W**

**Iluminacion fluorescente con reactancia incorporada o halógenas :**

Potencia Máxima : 300 W    Potencia en ese instante : 90 W  
Distribución : habitacions  
C Sen. almacenado : 27 W    C Sen. instantaneo : 78 W  
**C. Sensible : 105 W**

**Otras Cargas:**

Potencia Sensible Máxima : 1855 W    Potencia Latente Máxima : 0 W  
Distribución : habitacions  
**C. Latente : 0 W    C. Sensible : 556 W**

**Mayoración : Coef Seguridad 5 (%)**

C. Latente : 2 W    C. Sensible : -71 W



SUMA TOTAL: C. Latente : 47 W C. Sensible : -1484 W  
Factor de calor sensible = 1.03 Calor Total = -1437 W  
Ratio Total : -74 W/m<sup>2</sup> Ratio Sensible : -76 W/m<sup>2</sup>  
Temp. Impul. : 28 °C Caudal Impul. : 557 m<sup>3</sup>/h

-----

**Local: garatge Local no acondicionado**

Ratio max. luces : (incandescentes 6.93 W/m<sup>2</sup>) (fluor.con reactancia 0 W/m<sup>2</sup>)  
(fluor.sin reactancia 0 W/m<sup>2</sup>)  
Ratio max. Otras cargas : (sensible 0 W/m<sup>2</sup>) (latente 0 W/m<sup>2</sup>) (Ratio max.  
personas/m<sup>2</sup> : 1.72E4)

**Local: rebost Local no acondicionado**

Ratio max. luces : (incandescentes 19.2 W/m<sup>2</sup>) (fluor.con reactancia 0 W/m<sup>2</sup>)  
(fluor.sin reactancia 0 W/m<sup>2</sup>)  
Ratio max. Otras cargas : (sensible 0 W/m<sup>2</sup>) (latente 0 W/m<sup>2</sup>) (Ratio max.  
personas/m<sup>2</sup> : 2.88E4)

**Local: sala estar Hora de Cálculo: 7 Mes de Cálculo: FEB**

Superficie : 13.07 m<sup>2</sup> Altura : 2.55 m AcabadoSuelo: Pavimento / Terrazo  
Condiciones exteriores Ts : -4.575 °C Hr : 85 % W : 0.0021781 Kg/Kg a.s.  
Temp. Terreno : 6  
Condiciones interiores Ts : 20 °C Hr : 40 % W : 0.0057962 kg/kg a.s.  
Ratio max. luces : (incandescentes 0 W/m<sup>2</sup>) (fluor.con reactancia 23 W/m<sup>2</sup>)  
(fluor.sin reactancia 0 W/m<sup>2</sup>)  
Ratio max. Otras cargas : (sensible 38.3 W/m<sup>2</sup>) (latente 0 W/m<sup>2</sup>) (Ratio max.  
personas/m<sup>2</sup> : 2.52E4)

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : LM11CA5LH4 Peso : 297 Kg/m<sup>2</sup> Orientación : NorEste Color  
: Medio  
Superficie : 6.43 m<sup>2</sup> K : 1.6 W/m<sup>2</sup>°C T<sup>a</sup> equivalente : -1.928 °C  
**C. Sensible : -225 W**

**Ventanas:**

Nombre: finestra 1.1 Superficie: 1.31 m<sup>2</sup> K : 4 W/m<sup>2</sup>°C Orient.: NorEste  
Radiación transmitida ventana : 2 W/m<sup>2</sup> Fracción Soleada : 0 % SC : 0.83  
C Sen. cond.: -128 W C Sen. inst. rad. : 0 W C Sen. almac. rad. : 1 W  
**C. Sensible : -127 W**

**Ventanas:**

Nombre: porta 1.1 Superficie: 2.33 m<sup>2</sup> K : 4 W/m<sup>2</sup>°C Orient.: NorEste  
Radiación transmitida ventana : 2 W/m<sup>2</sup> Fracción Soleada : 0 % SC : 0.83  
C Sen. cond.: -229 W C Sen. inst. rad. : 1 W C Sen. almac. rad. : 3 W



**C. Sensible : -225 W**

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : LM11CA5LH4    Peso : 297 Kg/m<sup>2</sup>    Orientación : NorOeste  
Color : Medio  
Superficie : 6.8564 m<sup>2</sup>    K : 1.6 W/m<sup>2</sup>°C    T<sup>a</sup> equivalente : -1.928 °C

**C. Sensible : -240 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7    Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 6.835 m<sup>2</sup>    K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C    T<sup>a</sup> equivalente : 19.99 °C

**C. Sensible : 0 W**

**Puerta:**

Nombre: porta 1.9    Superficie: 1.605 m<sup>2</sup>    K : 1 W/m<sup>2</sup>°C    Interior  
Temp. Equivalente : 20 °C    C Sen. cond.: 0 W

**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7    Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 6.76 m<sup>2</sup>    K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C    T<sup>a</sup> equivalente : 19.99 °C

**C. Sensible : 0 W**

**Puerta:**

Nombre: porta 1.5    Superficie: 1.605 m<sup>2</sup>    K : 1 W/m<sup>2</sup>°C    Interior  
Temp. Equivalente : 20 °C    C Sen. cond.: 0 W

**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: PA5BC20CA30PY2    Peso : 366.7 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 13.07 m<sup>2</sup>    K : 1.44 W/m<sup>2</sup>°C    T<sup>a</sup> equivalente : 20.06 °C

**C. Sensible : 1 W**

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : Sostre    Peso : 413.1 Kg/m<sup>2</sup>    Orientación : 30° Norte    Color :  
Medio  
Superficie : 13.07 m<sup>2</sup>    K : 0.37 W/m<sup>2</sup>°C    T<sup>a</sup> equivalente : -0.1577 °C

**C. Sensible : -97 W**

**Ocupantes:**

Nº Máx. ocupantes: 5    Nº en ese instante : 1    Actividad: Sentado Reposo 0.89 Met  
Calor sensible por persona : 77 W    Calor latente por persona : 26 W  
Distribución : habitacions  
C Sen. inst. : 84 W    C Sen. almac. : 27 W    C Lat. inst. : 39 W

**C. Latente : 39 W    C. Sensible : 112 W**

**Iluminacion fluorescente con reactancia incorporada o halógenas :**

Potencia Máxima : 300 W    Potencia en ese instante : 90 W  
Distribución : habitacions  
C Sen. almacenado : 27 W    C Sen. instantaneo : 78 W

**C. Sensible : 105 W**

**Otras Cargas:**

Potencia Sensible Máxima : 500 W    Potencia Latente Máxima : 0 W  
Distribución : habitacions

**C. Latente : 0 W    C. Sensible : 150 W**

**Mayoración : Coef Seguridad 5 (%)**

**C. Latente : 1 W    C. Sensible : -28 W**



SUMA TOTAL: C. Latente : 40 W C. Sensible : -574 W  
Factor de calor sensible = 1.07 Calor Total = -534 W  
Ratio Total : -41 W/m<sup>2</sup> Ratio Sensible : -44 W/m<sup>2</sup>  
Temp. Impul. : 23 °C Caudal Impul. : 574 m<sup>3</sup>/h

**Local: habitació 1 Hora de Càlculo: 7 Mes de Càlculo: FEB**

Superficie : 9.9 m<sup>2</sup> Altura : 2.55 m AcabadoSuelo: Pavimento / Terrazo  
Condiciones exteriores Ts : -4.575 °C Hr : 85 % W : 0.0021781 Kg/Kg a.s.  
Temp. Terreno : 6  
Condiciones interiores Ts : 20 °C Hr : 40 % W : 0.0057962 kg/kg a.s.  
Ratio max. luces : (incandescentes 8.08 W/m<sup>2</sup>) (fluor.con reactancia 15.2 W/m<sup>2</sup>)  
(fluor.sin reactancia 0 W/m<sup>2</sup>)  
Ratio max. Otras cargas : (sensible 50.5 W/m<sup>2</sup>) (latente 0 W/m<sup>2</sup>) (Ratio max.  
personas/m<sup>2</sup> : 3.33E4)

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : LM11CA5LH4 Peso : 297 Kg/m<sup>2</sup> Orientación : NorEste Color  
: Medio

Superficie : 4.01 m<sup>2</sup> K : 1.6 W/m<sup>2</sup>°C T<sup>a</sup> equivalente : -1.928 °C  
**C. Sensible : -140 W**

**Ventanas:**

Nombre: porta 1.2 Superficie: 2.33 m<sup>2</sup> K : 4 W/m<sup>2</sup>°C Orient.: NorEste  
Radiación transmitida ventana : 2 W/m<sup>2</sup> Fracción Soleada : 0 % SC : 0.83  
C Sen. cond.: -229 W C Sen. inst. rad. : 1 W C Sen. almac. rad. : 3 W  
**C. Sensible : -225 W**

**Ventanas:**

Nombre: finestra 1.2 Superficie: 1.31 m<sup>2</sup> K : 4 W/m<sup>2</sup>°C Orient.: NorEste  
Radiación transmitida ventana : 2 W/m<sup>2</sup> Fracción Soleada : 0 % SC : 0.83  
C Sen. cond.: -128 W C Sen. inst. rad. : 0 W C Sen. almac. rad. : 1 W  
**C. Sensible : -127 W**

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : LM11CA5LH4 Peso : 297 Kg/m<sup>2</sup> Orientación : SurEste Color  
: Medio

Superficie : 7.13 m<sup>2</sup> K : 1.6 W/m<sup>2</sup>°C T<sup>a</sup> equivalente : -1.928 °C  
**C. Sensible : -250 W**

**Ventanas:**

Nombre: finestra 1.3 Superficie: 1.31 m<sup>2</sup> K : 4 W/m<sup>2</sup>°C Orient.: SurEste  
Radiación transmitida ventana : 2 W/m<sup>2</sup> Fracción Soleada : 0 % SC : 0.83  
C Sen. cond.: -128 W C Sen. inst. rad. : 0 W C Sen. almac. rad. : 1 W  
**C. Sensible : -127 W**



**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7      Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 7.65 m<sup>2</sup>      K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C      T<sup>a</sup> equivalente : 19.99 °C  
**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7      Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 6.835 m<sup>2</sup>      K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C      T<sup>a</sup> equivalente : 19.99 °C  
**C. Sensible : 0 W**

**Puerta:**

Nombre: porta 9      Superficie: 1.605 m<sup>2</sup>      K : 1 W/m<sup>2</sup>°C      Interior  
Temp. Equivalente : 20 °C      C Sen. cond.: 0 W  
**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: Forjat entre plantes      Peso : 388 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 9.9 m<sup>2</sup>      K : 2.07 W/m<sup>2</sup>°C      T<sup>a</sup> equivalente : 9.134 °C  
**C. Sensible : -222 W**

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : Sostre      Peso : 413.1 Kg/m<sup>2</sup>      Orientación : 30° Este      Color :  
Medio  
Superficie : 9.93 m<sup>2</sup>      K : 0.37 W/m<sup>2</sup>°C      T<sup>a</sup> equivalente : -0.1577 °C  
**C. Sensible : -74 W**

**Ocupantes:**

Nº Máx. ocupantes: 2      Nº en ese instante : 0      Actividad: Sentado Reposo 0.89 Met  
Calor sensible por persona : 77 W      Calor latente por persona : 26 W  
Distribución : habitacions  
C Sen. inst. : 33 W      C Sen. almac. : 11 W      C Lat. inst. : 15 W  
**C. Latente : 15 W      C. Sensible : 45 W**

**Iluminacion incandescente :**

Potencia Máxima : 80 W      Potencia en ese instante : 24 W  
Distribución : habitacions  
C Sen. almacenado : 11 W      C Sen. instantaneo : 11 W  
**C. Sensible : 22 W**

**Iluminacion fluorescente con reactancia incorporada o halógenas :**

Potencia Máxima : 150 W      Potencia en ese instante : 45 W  
Distribución : habitacions  
C Sen. almacenado : 13 W      C Sen. instantaneo : 39 W  
**C. Sensible : 52 W**

**Otras Cargas:**

Potencia Sensible Máxima : 500 W      Potencia Latente Máxima : 0 W  
Distribución : habitacions  
**C. Latente : 0 W      C. Sensible : 150 W**

**Mayoración : Coef Seguridad 5 (%)**

C. Latente : 0 W      C. Sensible : -45 W

SUMA TOTAL:      C. Latente : 15 W      C. Sensible : -941 W  
Factor de calor sensible = 1.01      Calor Total = -926 W





Ratio Total : -94 W/m<sup>2</sup>    Ratio Sensible : -95 W/m<sup>2</sup>  
Temp. Impul. : 23 °C    Caudal Impul. : 941 m<sup>3</sup>/h

**Local: habitació 2    Hora de Càlculo: 7    Mes de Càlculo: FEB**

Superfície : 10.21 m<sup>2</sup>    Altura : 2.55 m    AcabadoSuelo: Pavimento / Terrazo  
Condiciones exteriores    Ts : -4.575 °C    Hr : 85 %    W : 0.0021781 Kg/Kg a.s.  
Temp. Terreno : 6  
Condiciones interiores    Ts : 20 °C    Hr : 40 %    W : 0.0057962 kg/kg a.s.  
Ratio max. luces : (incandescentes 11.8 W/m<sup>2</sup>) (fluor.con reactancia 0 W/m<sup>2</sup>)  
(fluor.sin reactancia 0 W/m<sup>2</sup>)  
Ratio max. Otras cargas : (sensible 73.5 W/m<sup>2</sup>) (latente 0 W/m<sup>2</sup>) (Ratio max.  
personas/m<sup>2</sup> : 9.79E3)

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : LM11CA5LH4    Peso : 297 Kg/m<sup>2</sup>    Orientación : SurEste    Color : Medio  
Superficie : 7.33 m<sup>2</sup>    K : 1.6 W/m<sup>2</sup>°C    T<sup>a</sup> equivalente : -1.928 °C  
**C. Sensible : -257 W**

**Ventanas:**

Nombre: Ventana exterior    Superficie: 1.34 m<sup>2</sup>    K : 4 W/m<sup>2</sup>°C    Orient.: SurEste  
Radiación transmitida ventana : 2 W/m<sup>2</sup>    Fracción Soleada : 0 %    SC : 0.83  
C Sen. cond.: -131 W    C Sen. inst. rad. : 0 W    C Sen. almac. rad. : 1 W  
**C. Sensible : -130 W**

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : LM11CA5LH4    Peso : 297 Kg/m<sup>2</sup>    Orientación : SurOeste  
Color : Medio  
Superficie : 7.65 m<sup>2</sup>    K : 1.6 W/m<sup>2</sup>°C    T<sup>a</sup> equivalente : -1.928 °C  
**C. Sensible : -268 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7    Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 7.65 m<sup>2</sup>    K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C    T<sup>a</sup> equivalente : 19.99 °C  
**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7    Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 7.1508 m<sup>2</sup>    K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C    T<sup>a</sup> equivalente : 19.99 °C  
**C. Sensible : 0 W**

**Puerta:**

Nombre: porta 7    Superficie: 1.5192 m<sup>2</sup>    K : 1 W/m<sup>2</sup>°C    Interior  
Temp. Equivalente : 25 °C    C Sen. cond.: 7 W  
**C. Sensible : 7 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: Forjat entre plantes    Peso : 388 Kg/m<sup>2</sup>



Superfície: 10.21 m<sup>2</sup>      K : 2.07 W/m<sup>2</sup>°C      T<sup>a</sup> equivalente : 20.04 °C

**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : Sostre      Peso : 413.1 Kg/m<sup>2</sup>      Orientación : 30° Sur      Color : Medio

Superfície : 10.21 m<sup>2</sup>      K : 0.37 W/m<sup>2</sup>°C      T<sup>a</sup> equivalente : -0.1577 °C

**C. Sensible : -76 W**

**Ocupantes:**

Nº Máx. ocupantes: 2      Nº en ese instante : 0      Actividad: Sentado Reposo 0.89 Met

Calor sensible por persona : 77 W      Calor latente por persona : 26 W

Distribución : habitacions

C Sen. inst. : 33 W      C Sen. almac. : 11 W      C Lat. inst. : 15 W

**C. Latente : 15 W      C. Sensible : 45 W**

**Iluminacion incandescente :**

Potencia Máxima : 120 W      Potencia en ese instante : 36 W

Distribución : habitacions

C Sen. almacenado : 17 W      C Sen. instantaneo : 16 W

**C. Sensible : 34 W**

**Otras Cargas:**

Potencia Sensible Máxima : 750 W      Potencia Latente Máxima : 0 W

Distribución : habitacions

**C. Latente : 0 W      C. Sensible : 225 W**

**Mayoración : Coef Seguridad 5 (%)**

C. Latente : 0 W      C. Sensible : -21 W

SUMA TOTAL:      C. Latente : 15 W      C. Sensible : -441 W

Factor de calor sensible = 1.03      Calor Total = -426 W

Ratio Total : -42 W/m<sup>2</sup>      Ratio Sensible : -43 W/m<sup>2</sup>

Temp. Impul. : 23 °C      Caudal Impul. : 441 m<sup>3</sup>/h

**Local: habitació 3      Hora de Cálculo: 7      Mes de Cálculo: FEB**

Superfície : 6.13 m<sup>2</sup>      Altura : 2.55 m      AcabadoSuelo: Pavimento / Terrazo

Condiciones exteriores      Ts : -4.575 °C      Hr : 85 %      W : 0.0021781 Kg/Kg a.s.

Temp. Terreno : 6

Condiciones interiores      Ts : 20 °C      Hr : 40 %      W : 0.0057962 kg/kg a.s.

Ratio max. luces : (incandescentes 19.6 W/m<sup>2</sup>) (fluor.con reactancia 0 W/m<sup>2</sup>)  
(fluor.sin reactancia 0 W/m<sup>2</sup>)

Ratio max. Otras cargas : (sensible 122 W/m<sup>2</sup>) (latente 0 W/m<sup>2</sup>) (Ratio max.  
personas/m<sup>2</sup> : 0.326)

**Cerramientos al exterior:**



Nombre : Sostre      Peso : 413.1 Kg/m<sup>2</sup>      Orientación : 30° Oeste      Color :  
Medio  
Superficie : 6.13 m<sup>2</sup>      K : 0.37 W/m<sup>2</sup>°C      T<sup>a</sup> equivalente : -0.1577 °C  
**C. Sensible : -45 W**

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : LM11CA5LH4      Peso : 297 Kg/m<sup>2</sup>      Orientación : SurOeste  
Color : Medio  
Superficie : 3.88 m<sup>2</sup>      K : 1.6 W/m<sup>2</sup>°C      T<sup>a</sup> equivalente : -1.928 °C  
**C. Sensible : -136 W**

**Ventanas:**

Nombre: finestra 1.4      Superficie: 1.02 m<sup>2</sup>      K : 4 W/m<sup>2</sup>°C      Orient.: SurOeste  
Radiación transmitida ventana : 2 W/m<sup>2</sup>      Fracción Soleada : 0 %      SC : 0.83  
C Sen. cond.: -100 W      C Sen. inst. rad. : 0 W      C Sen. almac. rad. : 1 W  
**C. Sensible : -99 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7      Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 6.5 m<sup>2</sup>      K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C      T<sup>a</sup> equivalente : 7.964 °C  
**C. Sensible : -172 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7      Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 0.92 m<sup>2</sup>      K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C      T<sup>a</sup> equivalente : 7.964 °C  
**C. Sensible : -24 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7      Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 2.17 m<sup>2</sup>      K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C      T<sup>a</sup> equivalente : 7.964 °C  
**C. Sensible : -57 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7      Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 3.98 m<sup>2</sup>      K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C      T<sup>a</sup> equivalente : 19.99 °C  
**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7      Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 7.1508 m<sup>2</sup>      K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C      T<sup>a</sup> equivalente : 19.99 °C  
**C. Sensible : 0 W**

**Puerta:**

Nombre: porta 6      Superficie: 1.5192 m<sup>2</sup>      K : 1 W/m<sup>2</sup>°C      Interior  
Temp. Equivalente : 20 °C      C Sen. cond.: 0 W  
**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: Forjat entre plantes      Peso : 388 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 6.13 m<sup>2</sup>      K : 2.07 W/m<sup>2</sup>°C      T<sup>a</sup> equivalente : 9.134 °C  
**C. Sensible : -137 W**

**Ocupantes:**

Nº Máx. ocupantes: 2      Nº en ese instante : 0      Actividad: Sentado Reposo 0.89 Met  
Calor sensible por persona : 77 W      Calor latente por persona : 26 W  
Distribución : habitacions  
C Sen. inst. : 33 W      C Sen. almac. : 11 W      C Lat. inst. : 15 W  
**C. Latente : 15 W      C. Sensible : 45 W**



**Iluminación incandescente :**

Potencia Máxima : 120 W      Potencia en ese instante : 36 W  
Distribución : habitaciones  
C Sen. almacenado : 17 W      C Sen. instantaneo : 16 W

**C. Sensible : 34 W**

**Otras Cargas:**

Potencia Sensible Máxima : 750 W      Potencia Latente Máxima : 0 W  
Distribución : habitaciones

**C. Latente : 0 W    C. Sensible : 225 W**

**Mayoración : Coef Seguridad 5 (%)**

**C. Latente : 0 W    C. Sensible : -19 W**

-----  
SUMA TOTAL:    C. Latente : 15 W    C. Sensible : -385 W  
Factor de calor sensible = 1.04    Calor Total = -370 W  
Ratio Total : -60 W/m<sup>2</sup>    Ratio Sensible : -63 W/m<sup>2</sup>  
Temp. Impul. : 23 °C    Caudal Impul. : 385 m<sup>3</sup>/h  
-----

**Local: passadis    Hora de Cálculo: 8    Mes de Cálculo: ENE**

Superficie : 1.62 m<sup>2</sup>    Altura : 2.55 m    AcabadoSuelo: Pavimento / Terrazo  
Condiciones exteriores    Ts : -4.121 °C    Hr : 83 %    W : 0.0022114 Kg/Kg a.s.  
Temp. Terreno : 6  
Condiciones interiores    Ts : 20 °C    Hr : 40 %    W : 0.0057962 kg/kg a.s.  
Ratio max. luces : (incandescentes 37 W/m<sup>2</sup>) (fluor.con reactancia 0 W/m<sup>2</sup>)  
(fluor.sin reactancia 0 W/m<sup>2</sup>)  
Ratio max. Otras cargas : (sensible 0 W/m<sup>2</sup>) (latente 0 W/m<sup>2</sup>) (Ratio max.  
personas/m<sup>2</sup> : 0.617)

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7    Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 3.31 m<sup>2</sup>    K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C    T<sup>a</sup> equivalente : 19.99 °C  
**C. Sensible : 0 W**

**Puerta:**

Nombre: porta 7    Superficie: 1.5192 m<sup>2</sup>    K : 1 W/m<sup>2</sup>°C    Interior  
Temp. Equivalente : 20 °C    C Sen. cond.: 0 W  
**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7    Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 3.31 m<sup>2</sup>    K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C    T<sup>a</sup> equivalente : 19.99 °C  
**C. Sensible : 0 W**

**Puerta:**

Nombre: porta 8    Superficie: 1.3293 m<sup>2</sup>    K : 1 W/m<sup>2</sup>°C    Interior



Temp. Equivalente : 20 °C C Sen. cond.: 0 W

**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7 Peso : 102 Kg/m2  
Superficie: 3.31 m2 K : 2.21 W/m2°C T<sup>a</sup> equivalente : 19.99 °C

**C. Sensible : 0 W**

**Puerta:**

Nombre: porta 6 Superficie: 1.5192 m2 K : 1 W/m2°C Interior  
Temp. Equivalente : 20 °C C Sen. cond.: 0 W

**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7 Peso : 102 Kg/m2  
Superficie: 3.31 m2 K : 2.21 W/m2°C T<sup>a</sup> equivalente : 19.99 °C

**C. Sensible : 0 W**

**Puerta:**

Nombre: porta 5 Superficie: 1.605 m2 K : 1 W/m2°C Interior  
Temp. Equivalente : 20 °C C Sen. cond.: 0 W

**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: PA5BC20CA30PY2 Peso : 366.7 Kg/m2  
Superficie: 1.62 m2 K : 1.44 W/m2°C T<sup>a</sup> equivalente : 20.06 °C

**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : Sostre Peso : 413.1 Kg/m2 Orientación : 30° SurOeste Color :  
Medio  
Superficie : 1.62 m2 K : 0.37 W/m2°C T<sup>a</sup> equivalente : -0.1583 °C

**C. Sensible : -12 W**

**Ocupantes:**

Nº Máx. ocupantes: 1 Nº en ese instante : 0 Actividad: De pie trabajo muy ligero  
1.43 Met

Calor sensible por persona : 119 W Calor latente por persona : 46 W

Distribución : constant 25

C Sen. inst. : 21 W C Sen. almac. : 5 W C Lat. inst. : 11 W

**C. Latente : 11 W C. Sensible : 27 W**

**Iluminacion incandescente :**

Potencia Máxima : 60 W Potencia en ese instante : 15 W

Distribución : constant 25

C Sen. almacenado : 6 W C Sen. instantaneo : 7 W

**C. Sensible : 13 W**

**Mayoración : Coef Seguridad 5 (%)**

C. Latente : 0 W C. Sensible : 1 W

SUMA TOTAL: C. Latente : 11 W C. Sensible : 29 W

Factor de calor sensible = 0.72 Calor Total = 40 W

Ratio Total : 25 W/m2 Ratio Sensible : 18 W/m2

Temp. Impul. : 23 °C Caudal Impul. : 0 m3/h



**Local: lavabo Hora de Cálculo: 10 Mes de Cálculo: FEB**

Superficie : 2.22 m<sup>2</sup>    Altura : 2.55 m    AcabadoSuelo: Pavimento / Terrazo  
Condiciones exteriores    Ts : -1.633 °C    Hr : 66 %    W : 0.0021781 Kg/Kg a.s.  
Temp. Terreno : 6  
Condiciones interiores    Ts : 20 °C    Hr : 40 %    W : 0.0057962 kg/kg a.s.  
Ratio max. luces : (incandescentes 13.5 W/m<sup>2</sup>) (fluor.con reactancia 27 W/m<sup>2</sup>)  
(fluor.sin reactancia 0 W/m<sup>2</sup>)  
Ratio max. Otras cargas : (sensible 304 W/m<sup>2</sup>) (latente 54.1 W/m<sup>2</sup>) (Ratio max.  
personas/m<sup>2</sup> : 0.45)

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7    Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 3.21 m<sup>2</sup>    K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C    T<sup>a</sup> equivalente : 19.99 °C  
**C. Sensible : 0 W**

**Puerta:**

Nombre: porta 8    Superficie: 1.3293 m<sup>2</sup>    K : 1 W/m<sup>2</sup>°C    Interior  
Temp. Equivalente : 20 °C    C Sen. cond.: 0 W  
**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7    Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 4.92 m<sup>2</sup>    K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C    T<sup>a</sup> equivalente : 19.99 °C  
**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7    Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 4.92 m<sup>2</sup>    K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C    T<sup>a</sup> equivalente : 19.99 °C  
**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : LH7    Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>    Orientación : SurOeste    Color : Medio  
Superficie : 15.05 m<sup>2</sup>    K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C    T<sup>a</sup> equivalente : -2.059 °C  
**C. Sensible : -733 W**

**Ventanas:**

Nombre: finestra lavabo    Superficie: 0.49 m<sup>2</sup>    K : 4 W/m<sup>2</sup>°C    Orient.:  
SurOeste  
Radiación transmitida ventana : 27 W/m<sup>2</sup>    Fracción Soleada : 0 %    SC : 0.83  
C Sen. cond.: -42 W    C Sen. inst. rad. : 3 W    C Sen. almac. rad. : 2 W  
**C. Sensible : -37 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: PA5BC20CA30PY2    Peso : 366.7 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 2.22 m<sup>2</sup>    K : 1.44 W/m<sup>2</sup>°C    T<sup>a</sup> equivalente : 20.06 °C  
**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos al exterior:**



Nombre : Sostre      Peso : 413.1 Kg/m<sup>2</sup>      Orientación : 30° SurOeste      Color :  
Medio  
Superficie : 2.22 m<sup>2</sup>      K : 0.37 W/m<sup>2</sup>°C      T<sup>a</sup> equivalente : -0.8688 °C  
**C. Sensible : -17 W**

**Ocupantes:**

Nº Máx. ocupantes: 1      Nº en ese instante : 0      Actividad: De pie trabajo muy ligero  
1.43 Met  
Calor sensible por persona : 119 W      Calor latente por persona : 46 W  
Distribución : constant 25  
C Sen. inst. : 21 W      C Sen. almac. : 5 W      C Lat. inst. : 11 W  
**C. Latente : 11 W      C. Sensible : 27 W**

**Iluminacion incandescente :**

Potencia Máxima : 30 W      Potencia en ese instante : 7 W  
Distribución : constant 25  
C Sen. almacenado : 2 W      C Sen. instantaneo : 3 W  
**C. Sensible : 6 W**

**Iluminacion fluorescente con reactancia incorporada o halógenas :**

Potencia Máxima : 60 W      Potencia en ese instante : 15 W  
Distribución : constant 25  
C Sen. almacenado : 3 W      C Sen. instantaneo : 13 W  
**C. Sensible : 16 W**

**Otras Cargas:**

Potencia Sensible Máxima : 675 W      Potencia Latente Máxima : 120 W  
Distribución : constant 25  
**C. Latente : 30 W      C. Sensible : 168 W**

**Mayoración : Coef Seguridad 5 (%)**

C. Latente : 2 W      C. Sensible : -29 W

SUMA TOTAL:      C. Latente : 43 W      C. Sensible : -599 W  
Factor de calor sensible = 1.07      Calor Total = -556 W  
Ratio Total : -250 W/m<sup>2</sup>      Ratio Sensible : -270 W/m<sup>2</sup>  
Temp. Impul. : 23 °C      Caudal Impul. : 599 m<sup>3</sup>/h

**Zona: planta baixa      Hora de Cálculo: 7      Mes de Cálculo: FEB**

Superficie : 19.45 m<sup>2</sup>      AcabadoSuelo: Pavimento / Terrazo  
Condiciones exteriores      Ts : -4.575 °C      Hr : 85 %      W : 0.0021781 Kg/Kg  
a.s.      Temp. Terreno : 6  
Ratio max. luces : (incandescentes 5.4 W/m<sup>2</sup>)      (fluor.con reactancia 15.4 W/m<sup>2</sup>)  
(fluor.sin rectancia 0 W/m<sup>2</sup>)  
Ratio max. Otras cargas : (sensible 95.4 W/m<sup>2</sup>)      (latente 0 W/m<sup>2</sup>)      (Ratio max.  
personas/m<sup>2</sup> : 0.257)



**Local: cuina - menjador**

Condiciones interiores  $T_s$  : 20 °C Hr : 35 %  
Nombre : PA5LA15BP15 Peso : 715 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie : 19.45 m<sup>2</sup> K : 2.06 W/m<sup>2</sup>°C  $T^a$  terreno : 6.009 °C  
**C. Sensible : -560 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: PA5BC20CA30PY2 Peso : 366.7 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 19.45 m<sup>2</sup> K : 1.44 W/m<sup>2</sup>°C  $T^a$  equivalente : 20.06 °C  
**C. Sensible : 1 W**

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : LM11CA5LH4 Peso : 297 Kg/m<sup>2</sup> Orientación : NorEste  
Color : Medio  
Superficie : 6.78 m<sup>2</sup> K : 1.6 W/m<sup>2</sup>°C  $T^a$  equivalente : -1.928 °C  
**C. Sensible : -237 W**

**Ventanas:**

Nombre: finestra 1 Superficie: 0.6 m<sup>2</sup> K : 4 W/m<sup>2</sup>°C Orient.:  
NorEste  
Radiación transmitida ventana : 2 W/m<sup>2</sup> Fracción Soleada : 0 % SC :  
0.83  
C Sen. cond.: -58 W C Sen. inst. rad. : 0 W C Sen. almac. rad. : 0 W  
**C. Sensible : -58 W**

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : LM11CA5LH4 Peso : 297 Kg/m<sup>2</sup> Orientación : Sombra  
Color : Medio  
Superficie : 17.66 m<sup>2</sup> K : 1.6 W/m<sup>2</sup>°C  $T^a$  equivalente : -1.928 °C  
**C. Sensible : -619 W**

**Ventanas:**

Nombre: finestra 2 Superficie: 0.55 m<sup>2</sup> K : 4 W/m<sup>2</sup>°C Orient.:  
Sombra  
Radiación transmitida ventana : 2 W/m<sup>2</sup> Fracción Soleada : 0 % SC :  
0.83  
C Sen. cond.: -54 W C Sen. inst. rad. : 0 W C Sen. almac. rad. : 0 W  
**C. Sensible : -54 W**

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : LM11CA5LH4 Peso : 297 Kg/m<sup>2</sup> Orientación : SurOeste  
Color : Medio  
Superficie : 9.18 m<sup>2</sup> K : 1.6 W/m<sup>2</sup>°C  $T^a$  equivalente : -1.928 °C  
**C. Sensible : -322 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7 Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 14.028 m<sup>2</sup> K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C  $T^a$  equivalente : 7.964 °C  
**C. Sensible : -373 W**

**Puerta:**

Nombre: porta 2 Superficie: 1.512 m<sup>2</sup> K : 1 W/m<sup>2</sup>°C Interior  
Temp. Equivalente : 7.71 °C C Sen. cond.: -18 W  
**C. Sensible : -18 W**

**Ocupantes:**





Nº Máx. ocupantes: 5 Actividad: Sentado trab.muy ligero /De pie sin mov.  
1.08 Met  
Calor sensible por persona : 94 W Calor latente por persona : 30 W  
Como suma locales. Distribución local: habitacions Factor de  
simultaneidad : 100 %  
C Sen. inst. : 103 W C Sen. almac. : 33 W C Lat. inst. : 45 W  
**C. Latente : 45 W C. Sensible : 137 W**

**Iluminacion incandescente :**

Potencia Máxima : 105 W Potencia en ese instante : 31 W  
Como suma locales. Distribución local: habitacions Factor de  
simultaneidad : 100 %  
C Sen. almacenado : 14 W C Sen. instantaneo : 14 W  
**C. Sensible : 29 W**

**Iluminacion fluorescente con reactancia incorporada o halógenas :**

Potencia Máxima : 300 W Potencia en ese instante : 90 W  
Como suma locales. Distribución local: habitacions Factor de  
simultaneidad : 100 %  
C Sen. almacenado : 27 W C Sen. instantaneo : 78 W  
**C. Sensible : 105 W**

**Otras Cargas:**

Potencia Sensible Máxima : 1855 W Potencia Latente Máxima : 0 W  
Como suma locales. Distribución local: habitacions Factor de  
simultaneidad : 100 %  
**C. Latente : 0 W C. Sensible : 556 W**

**Local: garatge Local no acondicionado**

**Local: rebost Local no acondicionado**

**Ventilación: 53 m3/h**

**C. Latente : -127 W C. Sensible : -434 W**

**Propia Instalación Zona: Porcentaje 6 (%)**

**C. Latente : 0 W C. Sensible : 110 W**

**Mayoración Zona: Coef Seguridad 5 (%)**

**C. Latente : -5 W C. Sensible : -87 W**

-----  
Suma : C. Latente : -87 W C. Sensible : -1824 W  
Factor de calor sensible = 0.95 Calor Total = -1911 W  
Ratio Total : -98 W/m2 Ratio Sensible : -94 W/m2  
Equipo zona con toma de aire exterior constante Temp. Impul. : 28 °C Caudal  
Impul. : 557 m3/h  
-----



**Zona: planta primera Hora de Càlculo: 7 Mes de Càlculo: FEB**

Superfície : 43.15 m<sup>2</sup> AcabadoSuelo: Pavimento / Terrazo  
Condiciones exteriores Ts : -4.575 °C Hr : 85 % W : 0.0021781 Kg/Kg  
a.s. Temp. Terreno : 6  
Ratio max. luces : (incandescentes 9.5 W/m<sup>2</sup>) (fluor.con reactancia 11.8 W/m<sup>2</sup>)  
(fluor.sin reactancia 0 W/m<sup>2</sup>)  
Ratio max. Otras cargas : (sensible 73.6 W/m<sup>2</sup>) (latente 2.78 W/m<sup>2</sup>) (Ratio max.  
personas/m<sup>2</sup> : 0.301)

**Local: sala estar**

Condiciones interiores Ts : 20 °C Hr : 40 %

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : LM11CA5LH4 Peso : 297 Kg/m<sup>2</sup> Orientación : NorEste  
Color : Medio

Superficie : 6.43 m<sup>2</sup> K : 1.6 W/m<sup>2</sup>°C T<sup>a</sup> equivalente : -1.928 °C

**C. Sensible : -225 W**

**Ventanas:**

Nombre: finestra 1.1 Superficie: 1.31 m<sup>2</sup> K : 4 W/m<sup>2</sup>°C Orient.:  
NorEste

Radiación transmitida ventana : 2 W/m<sup>2</sup> Fracción Soleada : 0 % SC :  
0.83

C Sen. cond.: -128 W C Sen. inst. rad. : 0 W C Sen. almac. rad. : 1 W

**C. Sensible : -127 W**

**Ventanas:**

Nombre: porta 1.1 Superficie: 2.33 m<sup>2</sup> K : 4 W/m<sup>2</sup>°C Orient.:  
NorEste

Radiación transmitida ventana : 2 W/m<sup>2</sup> Fracción Soleada : 0 % SC :  
0.83

C Sen. cond.: -229 W C Sen. inst. rad. : 1 W C Sen. almac. rad. : 3 W

**C. Sensible : -225 W**

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : LM11CA5LH4 Peso : 297 Kg/m<sup>2</sup> Orientación : NorOeste  
Color : Medio

Superficie : 6.8564 m<sup>2</sup> K : 1.6 W/m<sup>2</sup>°C T<sup>a</sup> equivalente : -1.928 °C

**C. Sensible : -240 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7 Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>

Superficie: 6.835 m<sup>2</sup> K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C T<sup>a</sup> equivalente : 19.99 °C

**C. Sensible : 0 W**

**Puerta:**

Nombre: porta 1.9 Superficie: 1.605 m<sup>2</sup> K : 1 W/m<sup>2</sup>°C Interior

Temp. Equivalente : 20 °C C Sen. cond.: 0 W

**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7 Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>

Superficie: 6.76 m<sup>2</sup> K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C T<sup>a</sup> equivalente : 19.99 °C



**C. Sensible : 0 W**

**Puerta:**

Nombre: porta 1.5 Superficie: 1.605 m<sup>2</sup> K : 1 W/m<sup>2</sup>°C Interior  
Temp. Equivalente : 20 °C C Sen. cond.: 0 W

**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: PA5BC20CA30PY2 Peso : 366.7 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 13.07 m<sup>2</sup> K : 1.44 W/m<sup>2</sup>°C T<sup>a</sup> equivalente : 20.06 °C

**C. Sensible : 1 W**

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : Sostre Peso : 413.1 Kg/m<sup>2</sup> Orientación : 30° Norte  
Color : Medio  
Superficie : 13.07 m<sup>2</sup> K : 0.37 W/m<sup>2</sup>°C T<sup>a</sup> equivalente : -0.1577 °C

**C. Sensible : -97 W**

**Ocupantes:**

Nº Máx. ocupantes: 5 Actividad: Sentado Reposo 0.89 Met  
Calor sensible por persona : 77 W Calor latente por persona : 26 W  
Como suma locales. Distribución local: habitacions Factor de  
simultaneidad : 100 %  
C Sen. inst. : 84 W C Sen. almac. : 27 W C Lat. inst. : 39 W

**C. Latente : 39 W C. Sensible : 112 W**

**Iluminacion fluorescente con reactancia incorporada o halógenas :**

Potencia Máxima : 300 W Potencia en ese instante : 90 W  
Como suma locales. Distribución local: habitacions Factor de  
simultaneidad : 100 %  
C Sen. almacenado : 27 W C Sen. instantaneo : 78 W

**C. Sensible : 105 W**

**Otras Cargas:**

Potencia Sensible Máxima : 500 W Potencia Latente Máxima : 0 W  
Como suma locales. Distribución local: habitacions Factor de  
simultaneidad : 100 %

**C. Latente : 0 W C. Sensible : 150 W**

**Local: habitació 1**

Condiciones interiores Ts : 20 °C Hr : 40 %

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : LM11CA5LH4 Peso : 297 Kg/m<sup>2</sup> Orientación : NorEste  
Color : Medio  
Superficie : 4.01 m<sup>2</sup> K : 1.6 W/m<sup>2</sup>°C T<sup>a</sup> equivalente : -1.928 °C

**C. Sensible : -140 W**

**Ventanas:**

Nombre: porta 1.2 Superficie: 2.33 m<sup>2</sup> K : 4 W/m<sup>2</sup>°C Orient.:  
NorEste  
Radiación transmitida ventana : 2 W/m<sup>2</sup> Fracción Soleada : 0 % SC :  
0.83  
C Sen. cond.: -229 W C Sen. inst. rad. : 1 W C Sen. almac. rad. : 3 W

**C. Sensible : -225 W**

**Ventanas:**



Nombre: finestra 1.2    Superfície: 1.31 m<sup>2</sup>    K : 4 W/m<sup>2</sup>°C    Orient.:  
NorEste  
Radiación transmitida ventana : 2 W/m<sup>2</sup>    Fracción Soleada : 0 %    SC :  
0.83  
C Sen. cond.: -128 W    C Sen. inst. rad. : 0 W    C Sen. almac. rad. : 1 W  
**C. Sensible : -127 W**

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : LM11CA5LH4    Peso : 297 Kg/m<sup>2</sup>    Orientación : SurEste  
Color : Medio  
Superficie : 7.13 m<sup>2</sup>    K : 1.6 W/m<sup>2</sup>°C    T<sup>a</sup> equivalente : -1.928 °C  
**C. Sensible : -250 W**

**Ventanas:**

Nombre: finestra 1.3    Superfície: 1.31 m<sup>2</sup>    K : 4 W/m<sup>2</sup>°C    Orient.:  
SurEste  
Radiación transmitida ventana : 2 W/m<sup>2</sup>    Fracción Soleada : 0 %    SC :  
0.83  
C Sen. cond.: -128 W    C Sen. inst. rad. : 0 W    C Sen. almac. rad. : 1 W  
**C. Sensible : -127 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7    Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 7.65 m<sup>2</sup>    K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C    T<sup>a</sup> equivalente : 19.99 °C  
**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7    Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 6.835 m<sup>2</sup>    K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C    T<sup>a</sup> equivalente : 19.99 °C  
**C. Sensible : 0 W**

**Puerta:**

Nombre: porta 9    Superfície: 1.605 m<sup>2</sup>    K : 1 W/m<sup>2</sup>°C    Interior  
Temp. Equivalente : 20 °C    C Sen. cond.: 0 W  
**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: Forjat entre plantes    Peso : 388 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 9.9 m<sup>2</sup>    K : 2.07 W/m<sup>2</sup>°C    T<sup>a</sup> equivalente : 9.134 °C  
**C. Sensible : -222 W**

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : Sostre    Peso : 413.1 Kg/m<sup>2</sup>    Orientación : 30° Este    Color  
: Medio  
Superficie : 9.93 m<sup>2</sup>    K : 0.37 W/m<sup>2</sup>°C    T<sup>a</sup> equivalente : -0.1577 °C  
**C. Sensible : -74 W**

**Ocupantes:**

Nº Máx. ocupantes: 2    Actividad: Sentado Reposo    0.89 Met  
Calor sensible por persona : 77 W    Calor latente por persona : 26 W  
Como suma locales. Distribución local: habitaciones    Factor de  
simultaneidad : 100 %  
C Sen. inst. : 33 W    C Sen. almac. : 11 W    C Lat. inst. : 15 W  
**C. Latente : 15 W    C. Sensible : 45 W**

**Iluminacion incandescente :**

Potencia Máxima : 80 W    Potencia en ese instante : 24 W



Como suma locales. Distribución local: habitacions      Factor de  
simultaneidad : 100 %  
C Sen. almacenado : 11 W      C Sen. instantaneo : 11 W

**C. Sensible : 22 W**

**Iluminacion fluorescente con reactancia incorporada o halógenas :**

Potencia Máxima : 150 W      Potencia en ese instante : 45 W  
Como suma locales. Distribución local: habitacions      Factor de  
simultaneidad : 100 %  
C Sen. almacenado : 13 W      C Sen. instantaneo : 39 W

**C. Sensible : 52 W**

**Otras Cargas:**

Potencia Sensible Máxima : 500 W      Potencia Latente Máxima : 0 W  
Como suma locales. Distribución local: habitacions      Factor de  
simultaneidad : 100 %  
**C. Latente : 0 W      C. Sensible : 150 W**

**Local: habitació 2**

Condiciones interiores    Ts : 20 °C      Hr : 40 %

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : LM11CA5LH4      Peso : 297 Kg/m2      Orientación : SurEste  
Color : Medio  
Superficie : 7.33 m2      K : 1.6 W/m2°C      T<sup>a</sup> equivalente : -1.928 °C  
**C. Sensible : -257 W**

**Ventanas:**

Nombre: Ventana exterior      Superficie: 1.34 m2      K : 4 W/m2°C  
Orient.: SurEste  
Radiación transmitida ventana : 2 W/m2      Fracción Soleada : 0 %      SC :  
0.83  
C Sen. cond.: -131 W      C Sen. inst. rad. : 0 W      C Sen. almac. rad. : 1 W  
**C. Sensible : -130 W**

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : LM11CA5LH4      Peso : 297 Kg/m2      Orientación : SurOeste  
Color : Medio  
Superficie : 7.65 m2      K : 1.6 W/m2°C      T<sup>a</sup> equivalente : -1.928 °C  
**C. Sensible : -268 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7      Peso : 102 Kg/m2  
Superficie: 7.65 m2      K : 2.21 W/m2°C      T<sup>a</sup> equivalente : 19.99 °C  
**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7      Peso : 102 Kg/m2  
Superficie: 7.1508 m2      K : 2.21 W/m2°C      T<sup>a</sup> equivalente : 19.99 °C  
**C. Sensible : 0 W**

**Puerta:**

Nombre: porta 7      Superficie: 1.5192 m2      K : 1 W/m2°C      Interior  
Temp. Equivalente : 25 °C      C Sen. cond.: 7 W  
**C. Sensible : 7 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: Forjat entre plantes      Peso : 388 Kg/m2



Superfície: 10.21 m<sup>2</sup>    K : 2.07 W/m<sup>2</sup>°C    T<sup>a</sup> equivalente : 20.04 °C  
**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : Sostre    Peso : 413.1 Kg/m<sup>2</sup>    Orientación : 30° Sur    Color : Medio  
Superfície : 10.21 m<sup>2</sup>    K : 0.37 W/m<sup>2</sup>°C    T<sup>a</sup> equivalente : -0.1577 °C  
**C. Sensible : -76 W**

**Ocupantes:**

Nº Máx. ocupantes: 2    Actividad: Sentado Reposo 0.89 Met  
Calor sensible por persona : 77 W    Calor latente por persona : 26 W  
Como suma locales. Distribución local: habitacions    Factor de simultaneidad : 100 %  
C Sen. inst. : 33 W    C Sen. almac. : 11 W    C Lat. inst. : 15 W  
**C. Latente : 15 W    C. Sensible : 45 W**

**Iluminación incandescente :**

Potencia Máxima : 120 W    Potencia en ese instante : 36 W  
Como suma locales. Distribución local: habitacions    Factor de simultaneidad : 100 %  
C Sen. almacenado : 17 W    C Sen. instantaneo : 16 W  
**C. Sensible : 34 W**

**Otras Cargas:**

Potencia Sensible Máxima : 750 W    Potencia Latente Máxima : 0 W  
Como suma locales. Distribución local: habitacions    Factor de simultaneidad : 100 %  
**C. Latente : 0 W    C. Sensible : 225 W**

**Local: habitación 3**

Condiciones interiores    T<sub>s</sub> : 20 °C    Hr : 40 %

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : Sostre    Peso : 413.1 Kg/m<sup>2</sup>    Orientación : 30° Oeste  
Color : Medio  
Superfície : 6.13 m<sup>2</sup>    K : 0.37 W/m<sup>2</sup>°C    T<sup>a</sup> equivalente : -0.1577 °C  
**C. Sensible : -45 W**

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : LM11CA5LH4    Peso : 297 Kg/m<sup>2</sup>    Orientación : SurOeste  
Color : Medio  
Superfície : 3.88 m<sup>2</sup>    K : 1.6 W/m<sup>2</sup>°C    T<sup>a</sup> equivalente : -1.928 °C  
**C. Sensible : -136 W**

**Ventanas:**

Nombre: finestra 1.4    Superfície: 1.02 m<sup>2</sup>    K : 4 W/m<sup>2</sup>°C    Orient.: SurOeste  
Radiación transmitida ventana : 2 W/m<sup>2</sup>    Fracción Soleada : 0 %    SC : 0.83  
C Sen. cond.: -100 W    C Sen. inst. rad. : 0 W    C Sen. almac. rad. : 1 W  
**C. Sensible : -99 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7    Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>  
Superfície: 6.5 m<sup>2</sup>    K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C    T<sup>a</sup> equivalente : 7.964 °C  
**C. Sensible : -172 W**



**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7      Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 0.92 m<sup>2</sup>      K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C      T<sup>a</sup> equivalente : 7.964 °C  
**C. Sensible : -24 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7      Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 2.17 m<sup>2</sup>      K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C      T<sup>a</sup> equivalente : 7.964 °C  
**C. Sensible : -57 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7      Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 3.98 m<sup>2</sup>      K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C      T<sup>a</sup> equivalente : 19.99 °C  
**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7      Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 7.1508 m<sup>2</sup>      K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C      T<sup>a</sup> equivalente : 19.99 °C  
**C. Sensible : 0 W**

**Puerta:**

Nombre: porta 6      Superficie: 1.5192 m<sup>2</sup>      K : 1 W/m<sup>2</sup>°C      Interior  
Temp. Equivalente : 20 °C      C Sen. cond.: 0 W  
**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: Forjat entre plantes      Peso : 388 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 6.13 m<sup>2</sup>      K : 2.07 W/m<sup>2</sup>°C      T<sup>a</sup> equivalente : 9.134 °C  
**C. Sensible : -137 W**

**Ocupantes:**

Nº Máx. ocupantes: 2      Actividad: Sentado Reposo 0.89 Met  
Calor sensible por persona : 77 W      Calor latente por persona : 26 W  
Como suma locales. Distribución local: habitacions      Factor de  
simultaneidad : 100 %  
C Sen. inst. : 33 W      C Sen. almac. : 11 W      C Lat. inst. : 15 W  
**C. Latente : 15 W      C. Sensible : 45 W**

**Iluminacion incandescente :**

Potencia Máxima : 120 W      Potencia en ese instante : 36 W  
Como suma locales. Distribución local: habitacions      Factor de  
simultaneidad : 100 %  
C Sen. almacenado : 17 W      C Sen. instantaneo : 16 W  
**C. Sensible : 34 W**

**Otras Cargas:**

Potencia Sensible Máxima : 750 W      Potencia Latente Máxima : 0 W  
Como suma locales. Distribución local: habitacions      Factor de  
simultaneidad : 100 %  
**C. Latente : 0 W      C. Sensible : 225 W**

**Local: passadis**

Condiciones interiores      Ts : 20 °C      Hr : 40 %

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7      Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 3.31 m<sup>2</sup>      K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C      T<sup>a</sup> equivalente : 19.99 °C  
**C. Sensible : 0 W**



**Puerta:**

Nombre: porta 7      Superficie: 1.5192 m<sup>2</sup>      K : 1 W/m<sup>2</sup>°C      Interior  
Temp. Equivalente : 20 °C      C Sen. cond.: 0 W

**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7      Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 3.31 m<sup>2</sup>      K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C      T<sup>a</sup> equivalente : 19.99 °C

**C. Sensible : 0 W**

**Puerta:**

Nombre: porta 8      Superficie: 1.3293 m<sup>2</sup>      K : 1 W/m<sup>2</sup>°C      Interior  
Temp. Equivalente : 20 °C      C Sen. cond.: 0 W

**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7      Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 3.31 m<sup>2</sup>      K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C      T<sup>a</sup> equivalente : 19.99 °C

**C. Sensible : 0 W**

**Puerta:**

Nombre: porta 6      Superficie: 1.5192 m<sup>2</sup>      K : 1 W/m<sup>2</sup>°C      Interior  
Temp. Equivalente : 20 °C      C Sen. cond.: 0 W

**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7      Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 3.31 m<sup>2</sup>      K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C      T<sup>a</sup> equivalente : 19.99 °C

**C. Sensible : 0 W**

**Puerta:**

Nombre: porta 5      Superficie: 1.605 m<sup>2</sup>      K : 1 W/m<sup>2</sup>°C      Interior  
Temp. Equivalente : 20 °C      C Sen. cond.: 0 W

**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: PA5BC20CA30PY2      Peso : 366.7 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 1.62 m<sup>2</sup>      K : 1.44 W/m<sup>2</sup>°C      T<sup>a</sup> equivalente : 20.06 °C

**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : Sostre      Peso : 413.1 Kg/m<sup>2</sup>      Orientación : 30° SurOeste  
Color : Medio  
Superficie : 1.62 m<sup>2</sup>      K : 0.37 W/m<sup>2</sup>°C      T<sup>a</sup> equivalente : -0.1577 °C

**C. Sensible : -12 W**

**Ocupantes:**

Nº Máx. ocupantes: 1      Actividad: De pie trabajo muy ligero      1.43 Met  
Calor sensible por persona : 119 W      Calor latente por persona : 46 W  
Como suma locales. Distribución local: constant 25      Factor de  
simultaneidad : 100 %

C Sen. inst. : 21 W      C Sen. almac. : 5 W      C Lat. inst. : 11 W

**C. Latente : 11 W      C. Sensible : 27 W**

**Iluminación incandescente :**

Potencia Máxima : 60 W      Potencia en ese instante : 15 W  
Como suma locales. Distribución local: constant 25      Factor de  
simultaneidad : 100 %





C Sen. almacenado : 6 W      C Sen. instantaneo : 7 W

**C. Sensible : 13 W**

**Local: lavabo**

Condiciones interiores    $T_s$  : 20 °C      Hr : 40 %

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7      Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>

Superficie: 3.21 m<sup>2</sup>      K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C       $T^a$  equivalente : 19.99 °C

**C. Sensible : 0 W**

**Puerta:**

Nombre: porta 8      Superficie: 1.3293 m<sup>2</sup>      K : 1 W/m<sup>2</sup>°C      Interior

Temp. Equivalente : 20 °C      C Sen. cond.: 0 W

**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7      Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>

Superficie: 4.92 m<sup>2</sup>      K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C       $T^a$  equivalente : 19.99 °C

**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7      Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>

Superficie: 4.92 m<sup>2</sup>      K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C       $T^a$  equivalente : 19.99 °C

**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : LH7      Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>      Orientación : SurOeste      Color :  
Medio

Superficie : 15.05 m<sup>2</sup>      K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C       $T^a$  equivalente : -1.396 °C

**C. Sensible : -711 W**

**Ventanas:**

Nombre: finestra lavabo      Superficie: 0.49 m<sup>2</sup>      K : 4 W/m<sup>2</sup>°C

Orient.: SurOeste

Radiación transmitida ventana : 2 W/m<sup>2</sup>      Fracción Soleada : 0 %      SC :  
0.83

C Sen. cond.: -48 W      C Sen. inst. rad. : 0 W      C Sen. almac. rad. : 0 W

**C. Sensible : -48 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: PA5BC20CA30PY2      Peso : 366.7 Kg/m<sup>2</sup>

Superficie: 2.22 m<sup>2</sup>      K : 1.44 W/m<sup>2</sup>°C       $T^a$  equivalente : 20.06 °C

**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : Sostre      Peso : 413.1 Kg/m<sup>2</sup>      Orientación : 30° SurOeste  
Color : Medio

Superficie : 2.22 m<sup>2</sup>      K : 0.37 W/m<sup>2</sup>°C       $T^a$  equivalente : -0.1577 °C

**C. Sensible : -16 W**

**Ocupantes:**

Nº Máx. ocupantes: 1      Actividad: De pie trabajo muy ligero      1.43 Met

Calor sensible por persona : 119 W      Calor latente por persona : 46 W

Como suma locales. Distribución local: constant 25      Factor de  
simultaneidad : 100 %

C Sen. inst. : 21 W      C Sen. almac. : 5 W      C Lat. inst. : 11 W

**C. Latente : 11 W      C. Sensible : 27 W**



**Iluminación incandescente :**

Potencia Máxima : 30 W      Potencia en ese instante : 7 W  
Como suma locales. Distribución local: constant 25      Factor de  
simultaneidad : 100 %  
C Sen. almacenado : 2 W      C Sen. instantaneo : 3 W

**C. Sensible : 6 W**

**Iluminación fluorescente con reactancia incorporada o halógenas :**

Potencia Máxima : 60 W      Potencia en ese instante : 15 W  
Como suma locales. Distribución local: constant 25      Factor de  
simultaneidad : 100 %  
C Sen. almacenado : 3 W      C Sen. instantaneo : 13 W

**C. Sensible : 16 W**

**Otras Cargas:**

Potencia Sensible Máxima : 675 W      Potencia Latente Máxima : 120 W  
Como suma locales. Distribución local: constant 25      Factor de  
simultaneidad : 100 %

**C. Latente : 30 W      C. Sensible : 168 W**

**Ventilación: 82 m3/h**

**C. Latente : -246 W      C. Sensible : -669 W**

**Mayoración Zona: Coef Seguridad 5 (%)**

**C. Latente : -6 W      C. Sensible : -172 W**

-----  
Suma :      C. Latente : -116 W      C. Sensible : -3599 W  
Factor de calor sensible = 0.96      Calor Total = -3715 W  
Ratio Total : -86 W/m2      Ratio Sensible : -83 W/m2  
Equipo zona con toma de aire exterior constante      Temp. Impul. : 23 °C      Caudal  
Impul. : 2927 m3/h  
-----

**Edificio      Hora de Cálculo: 7      Mes de Cálculo: FEB**

Superficie : 62.6 m2  
Condiciones exteriores      Ts : -4.575 °C      Hr : 85 %      W : 0.0021781 Kg/Kg  
a.s.      Temp. Terreno : 6  
Ratio max. luces : (incandescentes 8.23 W/m2) (fluor.con reactancia 12.9 W/m2)  
(fluor.sin reactancia 0 W/m2)  
Ratio max. Otras cargas : (sensible 80.4 W/m2) (latente 1.92 W/m2) (Ratio max.  
personas/m2 : 0.288)

**Zona: planta baixa**

**Local: cuina - menjador**

Condiciones interiores      Ts : 20 °C      Hr : 35 %



Nombre : PA5LA15BP15      Peso : 715 Kg/m2  
Superficie : 19.45 m2      K : 2.06 W/m2°C      Tª terreno : 6.009 °C  
**C. Sensible : -560 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: PA5BC20CA30PY2      Peso : 366.7 Kg/m2  
Superficie: 19.45 m2      K : 1.44 W/m2°C      Tª equivalente : 20.06 °C  
**C. Sensible : 1 W**

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : LM11CA5LH4      Peso : 297 Kg/m2      Orientación : NorEste  
Color : Medio  
Superficie : 6.78 m2      K : 1.6 W/m2°C      Tª equivalente : -1.928 °C  
**C. Sensible : -237 W**

**Ventanas:**

Nombre: finestra 1      Superficie: 0.6 m2      K : 4 W/m2°C      Orient.:  
NorEste  
Radiación transmitida ventana : 2 W/m2      Fracción Soleada : 0 %      SC :  
0.83  
C Sen. cond.: -58 W      C Sen. inst. rad. : 0 W      C Sen. almac. rad. : 0 W  
**C. Sensible : -58 W**

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : LM11CA5LH4      Peso : 297 Kg/m2      Orientación : Sombra  
Color : Medio  
Superficie : 17.66 m2      K : 1.6 W/m2°C      Tª equivalente : -1.928 °C  
**C. Sensible : -619 W**

**Ventanas:**

Nombre: finestra 2      Superficie: 0.55 m2      K : 4 W/m2°C      Orient.:  
Sombra  
Radiación transmitida ventana : 2 W/m2      Fracción Soleada : 0 %      SC :  
0.83  
C Sen. cond.: -54 W      C Sen. inst. rad. : 0 W      C Sen. almac. rad. : 0 W  
**C. Sensible : -54 W**

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : LM11CA5LH4      Peso : 297 Kg/m2      Orientación : SurOeste  
Color : Medio  
Superficie : 9.18 m2      K : 1.6 W/m2°C      Tª equivalente : -1.928 °C  
**C. Sensible : -322 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7      Peso : 102 Kg/m2  
Superficie: 14.028 m2      K : 2.21 W/m2°C      Tª equivalente : 7.964 °C  
**C. Sensible : -373 W**

**Puerta:**

Nombre: porta 2      Superficie: 1.512 m2      K : 1 W/m2°C      Interior  
Temp. Equivalente : 7.71 °C      C Sen. cond.: -18 W  
**C. Sensible : -18 W**

**Ocupantes:**

Nº Máx. ocupantes: 5      Actividad: Sentado trab.muy ligero /De pie sin mov.  
1.08 Met  
Calor sensible por persona : 94 W      Calor latente por persona : 30 W



Como suma locales. Distribución local: habitacions      Factor de  
simultaneidad : 100 %  
C Sen. inst. : 103 W      C Sen. almac. : 33 W      C Lat. inst. : 45 W  
**C. Latente : 45 W    C. Sensible : 137 W**

**Iluminacion incandescente :**

Potencia Máxima : 105 W      Potencia en ese instante : 31 W  
Como suma locales. Distribución local: habitacions      Factor de  
simultaneidad : 100 %  
C Sen. almacenado : 14 W      C Sen. instantaneo : 14 W  
**C. Sensible : 29 W**

**Iluminacion fluorescente con reactancia incorporada o halógenas :**

Potencia Máxima : 300 W      Potencia en ese instante : 90 W  
Como suma locales. Distribución local: habitacions      Factor de  
simultaneidad : 100 %  
C Sen. almacenado : 27 W      C Sen. instantaneo : 78 W  
**C. Sensible : 105 W**

**Otras Cargas:**

Potencia Sensible Máxima : 1855 W      Potencia Latente Máxima : 0 W  
Como suma locales. Distribución local: habitacions      Factor de  
simultaneidad : 100 %  
**C. Latente : 0 W    C. Sensible : 556 W**

**Local: garatge      Local no acondicionado**

**Local: rebost      Local no acondicionado**

**Ventilación: 53 m3/h**

**C. Latente : -127 W    C. Sensible : -434 W**

**Zona: planta primera**

**Local: sala estar**

Condiciones interiores    Ts : 20 °C      Hr : 40 %

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : LM11CA5LH4      Peso : 297 Kg/m2      Orientación : NorEste  
Color : Medio

Superficie : 6.43 m2      K : 1.6 W/m2°C      T<sup>a</sup> equivalente : -1.928 °C  
**C. Sensible : -225 W**

**Ventanas:**

Nombre: finestra 1.1      Superficie: 1.31 m2      K : 4 W/m2°C      Orient.:  
NorEste

Radiación transmitida ventana : 2 W/m2      Fracción Soleada : 0 %      SC :  
0.83

C Sen. cond.: -128 W      C Sen. inst. rad. : 0 W      C Sen. almac. rad. : 1 W  
**C. Sensible : -127 W**

**Ventanas:**

Nombre: porta 1.1      Superficie: 2.33 m2      K : 4 W/m2°C      Orient.:  
NorEste

Radiación transmitida ventana : 2 W/m2      Fracción Soleada : 0 %      SC :  
0.83

C Sen. cond.: -229 W      C Sen. inst. rad. : 1 W      C Sen. almac. rad. : 3 W



**C. Sensible : -225 W**

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : LM11CA5LH4      Peso : 297 Kg/m2      Orientación : NorOeste  
Color : Medio  
Superficie : 6.8564 m2      K : 1.6 W/m2°C      Tª equivalente : -1.928 °C

**C. Sensible : -240 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7      Peso : 102 Kg/m2  
Superficie: 6.835 m2      K : 2.21 W/m2°C      Tª equivalente : 19.99 °C

**C. Sensible : 0 W**

**Puerta:**

Nombre: porta 1.9      Superficie: 1.605 m2      K : 1 W/m2°C      Interior  
Temp. Equivalente : 20 °C      C Sen. cond.: 0 W

**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7      Peso : 102 Kg/m2  
Superficie: 6.76 m2      K : 2.21 W/m2°C      Tª equivalente : 19.99 °C

**C. Sensible : 0 W**

**Puerta:**

Nombre: porta 1.5      Superficie: 1.605 m2      K : 1 W/m2°C      Interior  
Temp. Equivalente : 20 °C      C Sen. cond.: 0 W

**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: PA5BC20CA30PY2      Peso : 366.7 Kg/m2  
Superficie: 13.07 m2      K : 1.44 W/m2°C      Tª equivalente : 20.06 °C

**C. Sensible : 1 W**

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : Sostre      Peso : 413.1 Kg/m2      Orientación : 30° Norte  
Color : Medio  
Superficie : 13.07 m2      K : 0.37 W/m2°C      Tª equivalente : -0.1577 °C

**C. Sensible : -97 W**

**Ocupantes:**

Nº Máx. ocupantes: 5      Actividad: Sentado Reposo 0.89 Met  
Calor sensible por persona : 77 W      Calor latente por persona : 26 W  
Como suma locales. Distribución local: habitacions      Factor de  
simultaneidad : 100 %  
C Sen. inst. : 84 W      C Sen. almac. : 27 W      C Lat. inst. : 39 W

**C. Latente : 39 W      C. Sensible : 112 W**

**Iluminacion fluorescente con reactancia incorporada o halógenas :**

Potencia Máxima : 300 W      Potencia en ese instante : 90 W  
Como suma locales. Distribución local: habitacions      Factor de  
simultaneidad : 100 %  
C Sen. almacenado : 27 W      C Sen. instantaneo : 78 W

**C. Sensible : 105 W**

**Otras Cargas:**

Potencia Sensible Máxima : 500 W      Potencia Latente Máxima : 0 W  
Como suma locales. Distribución local: habitacions      Factor de  
simultaneidad : 100 %



**C. Latente : 0 W C. Sensible : 150 W**

**Local: habitació 1**

Condiciones interiores  $T_s$  : 20 °C Hr : 40 %

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : LM11CA5LH4 Peso : 297 Kg/m<sup>2</sup> Orientación : NorEste

Color : Medio

Superficie : 4.01 m<sup>2</sup> K : 1.6 W/m<sup>2</sup>°C  $T^a$  equivalente : -1.928 °C

**C. Sensible : -140 W**

**Ventanas:**

Nombre: porta 1.2 Superficie: 2.33 m<sup>2</sup> K : 4 W/m<sup>2</sup>°C Orient.:

NorEste

Radiación transmitida ventana : 2 W/m<sup>2</sup> Fracción Soleada : 0 % SC : 0.83

C Sen. cond.: -229 W C Sen. inst. rad. : 1 W C Sen. almac. rad. : 3 W

**C. Sensible : -225 W**

**Ventanas:**

Nombre: finestra 1.2 Superficie: 1.31 m<sup>2</sup> K : 4 W/m<sup>2</sup>°C Orient.:

NorEste

Radiación transmitida ventana : 2 W/m<sup>2</sup> Fracción Soleada : 0 % SC : 0.83

C Sen. cond.: -128 W C Sen. inst. rad. : 0 W C Sen. almac. rad. : 1 W

**C. Sensible : -127 W**

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : LM11CA5LH4 Peso : 297 Kg/m<sup>2</sup> Orientación : SurEste

Color : Medio

Superficie : 7.13 m<sup>2</sup> K : 1.6 W/m<sup>2</sup>°C  $T^a$  equivalente : -1.928 °C

**C. Sensible : -250 W**

**Ventanas:**

Nombre: finestra 1.3 Superficie: 1.31 m<sup>2</sup> K : 4 W/m<sup>2</sup>°C Orient.:

SurEste

Radiación transmitida ventana : 2 W/m<sup>2</sup> Fracción Soleada : 0 % SC : 0.83

C Sen. cond.: -128 W C Sen. inst. rad. : 0 W C Sen. almac. rad. : 1 W

**C. Sensible : -127 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7 Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>

Superficie: 7.65 m<sup>2</sup> K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C  $T^a$  equivalente : 19.99 °C

**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7 Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>

Superficie: 6.835 m<sup>2</sup> K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C  $T^a$  equivalente : 19.99 °C

**C. Sensible : 0 W**

**Puerta:**

Nombre: porta 9 Superficie: 1.605 m<sup>2</sup> K : 1 W/m<sup>2</sup>°C Interior

Temp. Equivalente : 20 °C C Sen. cond.: 0 W

**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: Forjat entre plantes Peso : 388 Kg/m<sup>2</sup>



Superfície: 9.9 m<sup>2</sup>    K : 2.07 W/m<sup>2</sup>°C    T<sup>a</sup> equivalente : 9.134 °C  
**C. Sensible : -222 W**

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : Sostre    Peso : 413.1 Kg/m<sup>2</sup>    Orientación : 30° Este    Color : Medio  
Superfície : 9.93 m<sup>2</sup>    K : 0.37 W/m<sup>2</sup>°C    T<sup>a</sup> equivalente : -0.1577 °C  
**C. Sensible : -74 W**

**Ocupantes:**

Nº Máx. ocupantes: 2    Actividad: Sentado Reposo 0.89 Met  
Calor sensible por persona : 77 W    Calor latente por persona : 26 W  
Como suma locales. Distribución local: habitacions    Factor de simultaneidad : 100 %  
C Sen. inst. : 33 W    C Sen. almac. : 11 W    C Lat. inst. : 15 W  
**C. Latente : 15 W    C. Sensible : 45 W**

**Iluminacion incandescente :**

Potencia Máxima : 80 W    Potencia en ese instante : 24 W  
Como suma locales. Distribución local: habitacions    Factor de simultaneidad : 100 %  
C Sen. almacenado : 11 W    C Sen. instantaneo : 11 W  
**C. Sensible : 22 W**

**Iluminacion fluorescente con reactancia incorporada o halógenas :**

Potencia Máxima : 150 W    Potencia en ese instante : 45 W  
Como suma locales. Distribución local: habitacions    Factor de simultaneidad : 100 %  
C Sen. almacenado : 13 W    C Sen. instantaneo : 39 W  
**C. Sensible : 52 W**

**Otras Cargas:**

Potencia Sensible Máxima : 500 W    Potencia Latente Máxima : 0 W  
Como suma locales. Distribución local: habitacions    Factor de simultaneidad : 100 %  
**C. Latente : 0 W    C. Sensible : 150 W**

**Local: habitació 2**

Condiciones interiores    T<sub>s</sub> : 20 °C    Hr : 40 %

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : LM11CA5LH4    Peso : 297 Kg/m<sup>2</sup>    Orientación : SurEste  
Color : Medio  
Superfície : 7.33 m<sup>2</sup>    K : 1.6 W/m<sup>2</sup>°C    T<sup>a</sup> equivalente : -1.928 °C  
**C. Sensible : -257 W**

**Ventanas:**

Nombre: Ventana exterior    Superfície: 1.34 m<sup>2</sup>    K : 4 W/m<sup>2</sup>°C  
Orient.: SurEste  
Radiación transmitida ventana : 2 W/m<sup>2</sup>    Fracción Soleada : 0 %    SC : 0.83  
C Sen. cond.: -131 W    C Sen. inst. rad. : 0 W    C Sen. almac. rad. : 1 W  
**C. Sensible : -130 W**

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : LM11CA5LH4    Peso : 297 Kg/m<sup>2</sup>    Orientación : SurOeste  
Color : Medio



Superfície : 7.65 m<sup>2</sup>      K : 1.6 W/m<sup>2</sup>°C      T<sup>a</sup> equivalente : -1.928 °C  
**C. Sensible : -268 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7      Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>  
Superfície : 7.65 m<sup>2</sup>      K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C      T<sup>a</sup> equivalente : 19.99 °C  
**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7      Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>  
Superfície : 7.1508 m<sup>2</sup>      K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C      T<sup>a</sup> equivalente : 19.99 °C  
**C. Sensible : 0 W**

**Puerta:**

Nombre: porta 7      Superfície : 1.5192 m<sup>2</sup>      K : 1 W/m<sup>2</sup>°C      Interior  
Temp. Equivalente : 25 °C      C Sen. cond.: 7 W  
**C. Sensible : 7 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: Forjat entre plantes      Peso : 388 Kg/m<sup>2</sup>  
Superfície : 10.21 m<sup>2</sup>      K : 2.07 W/m<sup>2</sup>°C      T<sup>a</sup> equivalente : 20.04 °C  
**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : Sostre      Peso : 413.1 Kg/m<sup>2</sup>      Orientación : 30° Sur      Color :  
Medio  
Superfície : 10.21 m<sup>2</sup>      K : 0.37 W/m<sup>2</sup>°C      T<sup>a</sup> equivalente : -0.1577 °C  
**C. Sensible : -76 W**

**Ocupantes:**

Nº Máx. ocupantes: 2      Actividad: Sentado Reposo 0.89 Met  
Calor sensible por persona : 77 W      Calor latente por persona : 26 W  
Como suma locales. Distribución local: habitacions      Factor de  
simultaneidad : 100 %  
C Sen. inst. : 33 W      C Sen. almac. : 11 W      C Lat. inst. : 15 W  
**C. Latente : 15 W      C. Sensible : 45 W**

**Iluminación incandescente :**

Potencia Máxima : 120 W      Potencia en ese instante : 36 W  
Como suma locales. Distribución local: habitacions      Factor de  
simultaneidad : 100 %  
C Sen. almacenado : 17 W      C Sen. instantaneo : 16 W  
**C. Sensible : 34 W**

**Otras Cargas:**

Potencia Sensible Máxima : 750 W      Potencia Latente Máxima : 0 W  
Como suma locales. Distribución local: habitacions      Factor de  
simultaneidad : 100 %  
**C. Latente : 0 W      C. Sensible : 225 W**

**Local: habitació 3**

Condiciones interiores      Ts : 20 °C      Hr : 40 %

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : Sostre      Peso : 413.1 Kg/m<sup>2</sup>      Orientación : 30° Oeste  
Color : Medio  
Superfície : 6.13 m<sup>2</sup>      K : 0.37 W/m<sup>2</sup>°C      T<sup>a</sup> equivalente : -0.1577 °C  
**C. Sensible : -45 W**





**Cerramientos al exterior:**

Nombre : LM11CA5LH4      Peso : 297 Kg/m<sup>2</sup>      Orientación : SurOeste  
Color : Medio  
Superficie : 3.88 m<sup>2</sup>      K : 1.6 W/m<sup>2</sup>°C      T<sup>a</sup> equivalente : -1.928 °C  
**C. Sensible : -136 W**

**Ventanas:**

Nombre: finestra 1.4      Superficie: 1.02 m<sup>2</sup>      K : 4 W/m<sup>2</sup>°C      Orient.:  
SurOeste  
Radiación transmitida ventana : 2 W/m<sup>2</sup>      Fracción Soleada : 0 %      SC :  
0.83  
C Sen. cond.: -100 W      C Sen. inst. rad. : 0 W      C Sen. almac. rad. : 1 W  
**C. Sensible : -99 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7      Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 6.5 m<sup>2</sup>      K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C      T<sup>a</sup> equivalente : 7.964 °C  
**C. Sensible : -172 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7      Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 0.92 m<sup>2</sup>      K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C      T<sup>a</sup> equivalente : 7.964 °C  
**C. Sensible : -24 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7      Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 2.17 m<sup>2</sup>      K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C      T<sup>a</sup> equivalente : 7.964 °C  
**C. Sensible : -57 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7      Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 3.98 m<sup>2</sup>      K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C      T<sup>a</sup> equivalente : 19.99 °C  
**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7      Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 7.1508 m<sup>2</sup>      K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C      T<sup>a</sup> equivalente : 19.99 °C  
**C. Sensible : 0 W**

**Puerta:**

Nombre: porta 6      Superficie: 1.5192 m<sup>2</sup>      K : 1 W/m<sup>2</sup>°C      Interior  
Temp. Equivalente : 20 °C      C Sen. cond.: 0 W  
**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: Forjat entre plantes      Peso : 388 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 6.13 m<sup>2</sup>      K : 2.07 W/m<sup>2</sup>°C      T<sup>a</sup> equivalente : 9.134 °C  
**C. Sensible : -137 W**

**Ocupantes:**

Nº Máx. ocupantes: 2      Actividad: Sentado Reposo 0.89 Met  
Calor sensible por persona : 77 W      Calor latente por persona : 26 W  
Como suma locales. Distribución local: habitacions      Factor de  
simultaneidad : 100 %  
C Sen. inst. : 33 W      C Sen. almac. : 11 W      C Lat. inst. : 15 W  
**C. Latente : 15 W      C. Sensible : 45 W**

**Iluminacion incandescente :**



Potencia Máxima : 120 W      Potencia en ese instante : 36 W  
Como suma locales. Distribución local: habitacions      Factor de  
simultaneidad : 100 %  
C Sen. almacenado : 17 W      C Sen. instantaneo : 16 W  
**C. Sensible : 34 W**

**Otras Cargas:**

Potencia Sensible Máxima : 750 W      Potencia Latente Máxima : 0 W  
Como suma locales. Distribución local: habitacions      Factor de  
simultaneidad : 100 %  
**C. Latente : 0 W    C. Sensible : 225 W**

**Local: passadis**

Condiciones interiores     $T_s$  : 20 °C      Hr : 40 %

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7      Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 3.31 m<sup>2</sup>      K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C       $T^a$  equivalente : 19.99 °C  
**C. Sensible : 0 W**

**Puerta:**

Nombre: porta 7      Superficie: 1.5192 m<sup>2</sup>      K : 1 W/m<sup>2</sup>°C      Interior  
Temp. Equivalente : 20 °C      C Sen. cond.: 0 W  
**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7      Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 3.31 m<sup>2</sup>      K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C       $T^a$  equivalente : 19.99 °C  
**C. Sensible : 0 W**

**Puerta:**

Nombre: porta 8      Superficie: 1.3293 m<sup>2</sup>      K : 1 W/m<sup>2</sup>°C      Interior  
Temp. Equivalente : 20 °C      C Sen. cond.: 0 W  
**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7      Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 3.31 m<sup>2</sup>      K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C       $T^a$  equivalente : 19.99 °C  
**C. Sensible : 0 W**

**Puerta:**

Nombre: porta 6      Superficie: 1.5192 m<sup>2</sup>      K : 1 W/m<sup>2</sup>°C      Interior  
Temp. Equivalente : 20 °C      C Sen. cond.: 0 W  
**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7      Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 3.31 m<sup>2</sup>      K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C       $T^a$  equivalente : 19.99 °C  
**C. Sensible : 0 W**

**Puerta:**

Nombre: porta 5      Superficie: 1.605 m<sup>2</sup>      K : 1 W/m<sup>2</sup>°C      Interior  
Temp. Equivalente : 20 °C      C Sen. cond.: 0 W  
**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: PA5BC20CA30PY2      Peso : 366.7 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 1.62 m<sup>2</sup>      K : 1.44 W/m<sup>2</sup>°C       $T^a$  equivalente : 20.06 °C  
**C. Sensible : 0 W**



**Cerramientos al exterior:**

Nombre : Sostre    Peso : 413.1 Kg/m<sup>2</sup>    Orientación : 30° SurOeste  
Color : Medio  
Superficie : 1.62 m<sup>2</sup>    K : 0.37 W/m<sup>2</sup>°C    T<sup>a</sup> equivalente : -0.1577 °C  
**C. Sensible : -12 W**

**Ocupantes:**

Nº Máx. ocupantes: 1    Actividad: De pie trabajo muy ligero    1.43 Met  
Calor sensible por persona : 119 W    Calor latente por persona : 46 W  
Como suma locales. Distribución local: constant 25    Factor de  
simultaneidad : 100 %  
C Sen. inst. : 21 W    C Sen. almac. : 5 W    C Lat. inst. : 11 W  
**C. Latente : 11 W    C. Sensible : 27 W**

**Iluminación incandescente :**

Potencia Máxima : 60 W    Potencia en ese instante : 15 W  
Como suma locales. Distribución local: constant 25    Factor de  
simultaneidad : 100 %  
C Sen. almacenado : 6 W    C Sen. instantaneo : 7 W  
**C. Sensible : 13 W**

**Local: lavabo**

Condiciones interiores    T<sub>s</sub> : 20 °C    Hr : 40 %

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7    Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 3.21 m<sup>2</sup>    K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C    T<sup>a</sup> equivalente : 19.99 °C  
**C. Sensible : 0 W**

**Puerta:**

Nombre: porta 8    Superficie: 1.3293 m<sup>2</sup>    K : 1 W/m<sup>2</sup>°C    Interior  
Temp. Equivalente : 20 °C    C Sen. cond.: 0 W  
**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7    Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 4.92 m<sup>2</sup>    K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C    T<sup>a</sup> equivalente : 19.99 °C  
**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos interiores:**

Nombre: LH7    Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 4.92 m<sup>2</sup>    K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C    T<sup>a</sup> equivalente : 19.99 °C  
**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : LH7    Peso : 102 Kg/m<sup>2</sup>    Orientación : SurOeste    Color :  
Medio  
Superficie : 15.05 m<sup>2</sup>    K : 2.21 W/m<sup>2</sup>°C    T<sup>a</sup> equivalente : -1.396 °C  
**C. Sensible : -711 W**

**Ventanas:**

Nombre: finestra lavabo    Superficie: 0.49 m<sup>2</sup>    K : 4 W/m<sup>2</sup>°C  
Orient.: SurOeste  
Radiación transmitida ventana : 2 W/m<sup>2</sup>    Fracción Soleada : 0 %    SC :  
0.83  
C Sen. cond.: -48 W    C Sen. inst. rad. : 0 W    C Sen. almac. rad. : 0 W  
**C. Sensible : -48 W**



**Cerramientos interiores:**

Nombre: PA5BC20CA30PY2      Peso : 366.7 Kg/m<sup>2</sup>  
Superficie: 2.22 m<sup>2</sup>      K : 1.44 W/m<sup>2</sup>°C      T<sup>a</sup> equivalente : 20.06 °C  
**C. Sensible : 0 W**

**Cerramientos al exterior:**

Nombre : Sostre      Peso : 413.1 Kg/m<sup>2</sup>      Orientación : 30° SurOeste  
Color : Medio  
Superficie : 2.22 m<sup>2</sup>      K : 0.37 W/m<sup>2</sup>°C      T<sup>a</sup> equivalente : -0.1577 °C  
**C. Sensible : -16 W**

**Ocupantes:**

Nº Máx. ocupantes: 1      Actividad: De pie trabajo muy ligero      1.43 Met  
Calor sensible por persona : 119 W      Calor latente por persona : 46 W  
Como suma locales. Distribución local: constant 25      Factor de  
simultaneidad : 100 %  
C Sen. inst. : 21 W      C Sen. almac. : 5 W      C Lat. inst. : 11 W  
**C. Latente : 11 W      C. Sensible : 27 W**

**Iluminacion incandescente :**

Potencia Máxima : 30 W      Potencia en ese instante : 7 W  
Como suma locales. Distribución local: constant 25      Factor de  
simultaneidad : 100 %  
C Sen. almacenado : 2 W      C Sen. instantaneo : 3 W  
**C. Sensible : 6 W**

**Iluminacion fluorescente con reactancia incorporada o halógenas :**

Potencia Máxima : 60 W      Potencia en ese instante : 15 W  
Como suma locales. Distribución local: constant 25      Factor de  
simultaneidad : 100 %  
C Sen. almacenado : 3 W      C Sen. instantaneo : 13 W  
**C. Sensible : 16 W**

**Otras Cargas:**

Potencia Sensible Máxima : 675 W      Potencia Latente Máxima : 120 W  
Como suma locales. Distribución local: constant 25      Factor de  
simultaneidad : 100 %  
**C. Latente : 30 W      C. Sensible : 168 W**

**Ventilación: 82 m<sup>3</sup>/h**

**C. Latente : -246 W      C. Sensible : -669 W**

**Propia Instalación Edificio : Porcentaje 6 (%)**

**C. Latente : 0 W      C. Sensible : 316 W**

**Mayoración Edificio : Coef Seguridad 5 (%)**

**C. Latente : -10 W      C. Sensible : -248 W**

-----  
SUMA:      C. Latente: -202 W      C. Sensible: -5206 W  
Factor de calor sensible = 0.96      Calor Total = -5408 W  
Ratio Total : -86 W/m<sup>2</sup>      Ratio Sensible : -83 W/m<sup>2</sup>  
-----



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

### 2.1.3. Resum dels càlculs de les càrregues tèrmiques

La taula 2.1 mostra de forma resumida els resultats obtinguts. En ella s'hi indiquen les potències màximes de cada dependència.

Dependència	Superfície (m <sup>2</sup> )	Càrrega calefacció		Càrrega refrigeració	
		W	W/m <sup>2</sup>	W	W/m <sup>2</sup>
<b>Cuina – menjador</b>	19,45	1.437	74	3.709	191
<b>Planta baixa</b>	19,45	1.437	74	3.709	191
<b>Sala estar</b>	13,07	534	41	1.910	146
<b>Habitació 1</b>	9,9	926	94	1.884	190
<b>Habitació 2</b>	10,21	426	42	1.565	153
<b>Habitació 3</b>	6,13	370	60	1.421	232
<b>Passadis</b>	1,62	40	25	66	41
<b>Lavabo</b>	2,22	556	250	705	318
<b>Primera planta</b>	43,15	2.852	512	7.551	1.080
<b>TOTAL</b>	<b>62,6</b>	<b>4.289</b>	<b>586</b>	<b>11.260</b>	<b>1.271</b>

**Taula 2.1 Resum càlculs càrregues tèrmiques**



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

## 2.2. Càlcul de l'energia necessària per la calefacció

El càlcul de l'energia de calefacció s'ha realitzat tenint en compte les dades facilitades pel programa DpClima.

### 2.2.1. Càrregues calefacció

Les càrregues de calefacció es calculen amb el mètode graus-dia. Aquest mètode es basa en el fet de que la quantitat de calor necessària per a mantenir una temperatura interior confortable depèn principalment de la diferència de temperatures interior i exterior. Aquest mètode es calcula amb l'equació 2.1.

$$L_{cal} = U \cdot A \cdot DD \quad \text{Eq 2.1}$$

$L_{cal}$  = Càrrega de calefacció.

DD és el número de graus-dia del mes.

$U \cdot A$  és el producte de l'àrea de l'edifici pel coeficient global de pèrdues.

El número de graus-dia (DD) en un dia és la diferència entre 15°C i la temperatura mitja del dia calculada com la mitja de les temperatures màximes i mínimes d'aquell dia. Si la temperatura mitja del dia és superior a 15°C, llavors el número de graus-dia és 0 (doncs es suposa que la generació interna d'energia i els guanys solars per les finestres són suficients per a fer pujar la temperatura fins als 18°C considerats de confort).

El valor de DD per la ciutat de Lleida s'ha obtingut de *Lluïsa F. Cabeza* i es mostra en la taula 2.2.



Lleida	Mes											
	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
$T_a$	4,9	7,2	11,4	14,6	18,3	21,9	24,8	24,6	21,6	15,5	9,5	5,7
$DD(^{\circ}C \cdot \text{Dia/mes})$	300,3	204,4	156,8	74,5	14,3	0,2	0	0	2	41	174,2	302,4
$T_{xarxa}$	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5

**Taula 2.2 Taula de dades anuals sobre ciutat de Lleida**

Per calcular el valor del producte  $U \cdot A$  és necessària la informació que ens ofereix el programa DpClima, utilitzat per calcular les càrregues tèrmiques de l'edifici, tal i com s'ha esmentat anteriorment.

El programa ofereix la possibilitat de saber quines són les càrregues tèrmiques durant una hora determinada en un mes determinat de l'any. Si es prenen els valors del mes de gener com a referència, obtenim els valors de la taula 2.3.

Multiplicant la potència en Watts de cada hora per 3600 segons obtindrem els Joules d'energia per cada hora del dia, obtenint així l'energia tèrmica total del dia, tal i com es mostra en la taula 2.4.

Hora	W	Hora	W
1	4.500	13	4.500
2	4.650	14	3.000
3	4.850	15	1.000
4	5.000	16	900
5	5.300	17	4.000
6	5.800	18	4.200
7	5.500	19	4.250
8	3.750	20	4.300
9	2.000	21	3.000
10	5.000	22	500
11	4.900	23	1.000
12	4.700	24	3.000

**Taula 2.3 Potència consumida en un dia de gener**



Hora	MJ	Hora	MJ
1	16,2	13	16,2
2	16,74	14	10,8
3	17,46	15	3,6
4	18	16	3,24
5	19,08	17	14,4
6	20,88	18	15,12
7	19,8	19	15,3
8	13,5	20	15,48
9	7,2	21	10,8
10	18	22	1,8
11	17,64	23	3,6
12	16,92	24	10,8
<b>TOTAL = 322,56</b>			

**Taula 2.4 Energia consumida en un dia de gener**

L'objectiu és saber el valor de  $U \cdot A$  per després conèixer  $L_{cal}$  de cada mes mitjançant els graus-dia de cada mes. Aïllant  $U \cdot A$  de l'equació 2.2, s'obté:

$$U \cdot A = \frac{L_{cal}}{DD \cdot \Delta t} \quad \text{Eq. 2.2}$$

$$U \cdot A = \frac{L_{cal}}{DD \cdot \Delta t} = \frac{322,56 \cdot 10^6 \text{ J}}{204,4 \frac{^\circ\text{C} \cdot \text{dia}}{\text{mes}} (24 \cdot 3600) \frac{\text{s}}{\text{dia}}} = 18,226 \frac{\text{W}}{^\circ\text{C}}$$

$U \cdot A$  és el producte de l'àrea de l'edifici pel coeficient global de pèrdues.

$L_{cal}$  = Càrrega de calefacció.

$DD$  és el número de graus-dia del mes.

$\Delta t$  és el nombre de segons que hi ha en un dia.





Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

Com que  $U \cdot A$  és un valor constant al llarg de l'any, l'energia diària de cada mes es pot calcular amb l'equació 2.2 multiplicant-ho pel nombre de dies del mes, obtenim els resultats que es mostren a la taula 2.5.

Mes	$U \cdot A$ (W/°C)	DD (graus dia)	Dies mes	MJ
<b>Gener</b>	18,23	300,3	31	14.662,82
<b>Febrer</b>	18,23	204,4	28	9.014,45
<b>Març</b>	18,23	156,8	31	7.656,11
<b>Abril</b>	18,23	74,5	30	3.520,29
<b>Maig</b>	18,23	14,3	31	698,23
<b>Juny</b>	18,23	0,2	30	9,45
<b>Juliol</b>	18,23	0	31	0
<b>Agost</b>	18,23	0	31	0
<b>Setembre</b>	18,23	2	30	94,51
<b>Octubre</b>	18,23	41	31	2.001,92
<b>Novembre</b>	18,23	174,2	30	8.231,33
<b>Desembre</b>	18,23	302,4	31	14.765,35

**Taula 2.5 Resultats dels càlculs de l'energia tèrmica de calefacció**

En total la càrrega tèrmica de calefacció en un any és de **60.654,45 MJ**



## 2.3. Dimensionament del terra radiant

L'objectiu d'aquest apartat és calcular tots els paràmetres necessaris per determinar les dimensions del sistema de terra radiant que ha de permetre la climatització de la vivenda objecte del projecte.

### 2.3.1. Mètode de càlcul

El sistema de terra radiant es dimensiona a partir de les necessitats de calefacció. D'aquesta manera es calcula el terra radiant a partir de les càrregues tèrmiques de calefacció màximes. El procés de càlcul del terra radiant que a continuació es descriu s'ha extret del llibre "Calefacción i refrescamiento por superficies radiantes", Ortega Rodríguez, M. i A., 2001. Els tubs de la instal·lació de terra radiant seran de diàmetre exterior de 20 mm i de diàmetre interior 16mm, ja que són els més emprats i dels quals es disposa en les taules i en el mètode de càlcul utilitzat.

Aquesta potència tèrmica s'ha de corregir segons uns coeficients:

$c_s$ : Coeficient de seguretat, sempre utilitzarem el valor de 1,1

$c_{pe}$ : Té en compte el nombre de parets exteriors de la dependència

$c_n$ : Coeficient que s'aplica segons si l'orientació de l'estancia és al Nord

$c_{pv}$ : Coeficient segons el tipus de paviment

Nombre de parets exteriors			Tipus d'estància	
1	2	3	bany	Cuina
1	1,1	1,2	1,3	0,9
Si a més a més l'orientació és Nord				
1,05	1,1	1,15	1,1	1,15

**Taula 2.6 coeficients correctors de la potència emissora**

A la figura 2.1 es pot veure com es calcula el factor corrector  $c_{pv}$  segons el tipus de paviment de la dependència. Tenint en compte que totes les dependències de la vivenda estan pavimentades amb rajoles, partirem de dos punts de la gràfica per calcular el factor de correcció

$$c_{pv} = a \cdot x + b \quad \text{Eq 2.3}$$

$$c_{pv} = 0,008 \cdot x + 1$$

$$1,1 = 12,5 \cdot a + b$$

$$c_{pv} = 0,008 \cdot 40 + 1$$

$$1,2 = 25 \cdot a + b$$

$$c_{pv} = 1,32$$

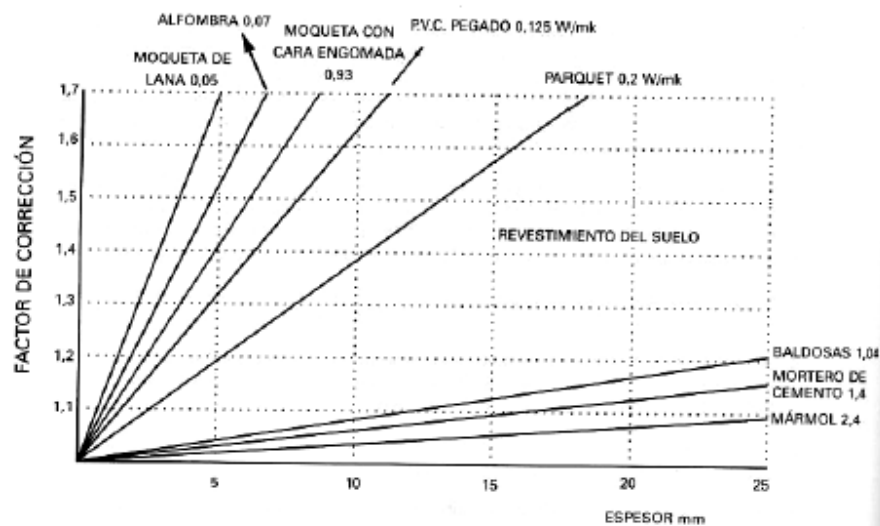


Fig 2.1 Factor de correcció  $c_{pv}$  segons el tipus i l'espessor del paviment

La potència corregida de cada dependència en  $W/m^2$  serà:

$$q_u = c_s \cdot c_n \cdot c_{pe} \cdot c_{pv} \cdot q \quad \text{Eq 2.3}$$

$q_u$  [ $\text{W}/\text{m}^2$ ] = Potència corregida per cada dependència

$c_s$  [-] = Coeficient de seguretat, sempre utilitzarem el valor de 1,1

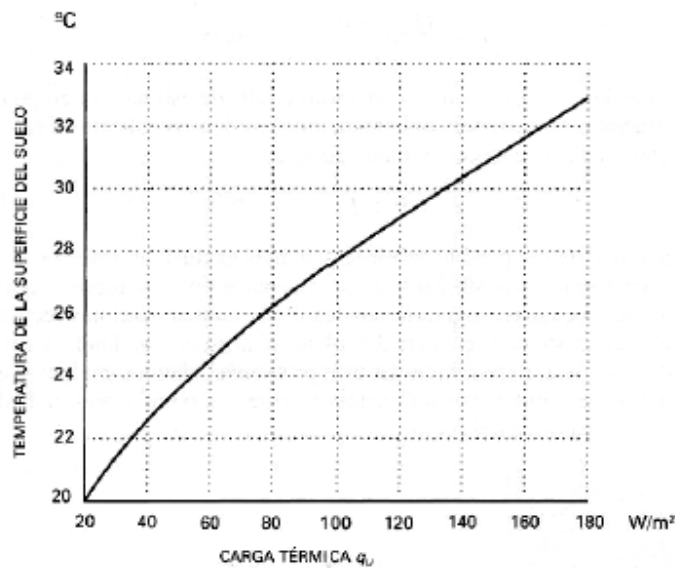
$c_{pe}$  [-] = Té en compte el nombre de parets exteriors de la dependència

$c_n$  [-] = Coeficient que s'aplica segons si l'orientació de l'estancia és al Nord

$c_{pv}$  [-] = Coeficient segons el tipus de paviment

$q$  [ $\text{W}/\text{m}^2$ ] = Potència de cada dependència.

Coneguda la potència corregida  $q_u$ , per unitat de superfície útil, la temperatura en la superfície del terra es pot calcular amb la gràfica de la figura 2.2.



**Fig 2.2 Temperatura de la superfície del paviment en funció de la seva emissivitat tèrmica**

La temperatura màxima del terra que es pot assolir per tal d'evitar malestar a les persones que habiten la dependència és limitada i ve donada per la Taula 2.7.

<b>Estança</b>	<b>T<sub>st</sub> (°C)</b>
Vivendes, zones d'estar	26 – 29
Banys, dutxes, serveis	33
Zones laterals amb grans finestres	35
Oficines	25
Esglésies	26
Poliesportius	25
Piscines, banys públics, etc	29

**Taula 2.7 Temperatures màximes en règim permanent recomanables per a la superfície de la terra**

El següent pas és determinar la distància de separació entre tubs i els metre de tub necessari. La separació entre tubs depèn del cabal que circuli per cada circuit i del salt tèrmic  $\Delta T$ , és a dir, la diferència de temperatura entre l'anada i la tornada, de cada circuit. S'intentarà treballar amb salts tèrmics petits i baixes temperatures d'anada, sempre que els circuits no superin els 120 m de longitud.

$$\Delta T = T_{anada} - T_{tornada} \quad \text{Eq 2.4}$$

$\Delta T$  [°C] = Salt tèrmic.

$T_{anada}$  [°C] = Temperatura d'anada del circuit de terra radiant.

$T_{tornada}$  [°C] = Temperatura de tornada del circuit de terra radiant.

Es defineix  $T^*$  com el salt tèrmic entre la temperatura mitja de l'aigua als circuits ( $T_m$ ) i la temperatura ambient interior de disseny ( $T_a$ ) per a cada una de les dependències, que en aquest cas serà de 20 °C.

$$T^* = T_m - T_a \quad \text{Eq 2.5}$$

$$T_m = \frac{T_{anada} + T_{tornada}}{2} \quad \text{Eq 2.6}$$

$T^*$  [°C] = Salt tèrmic entre la temperatura mitja de l'aigua als circuits i la temperatura interior.

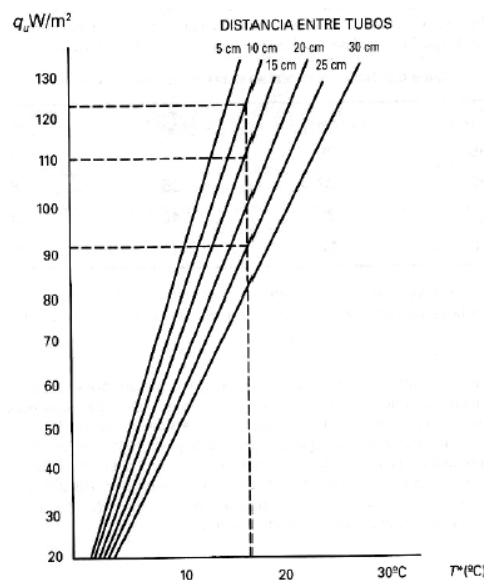
$T_m$  [°C] = Temperatura mitja de l'aigua als circuits.

$T_a$  [°C] = Temperatura ambient interior de disseny.

$T_{anada}$  [°C] = Temperatura d'anada del circuit de terra radiant.

$T_{tornada}$  [°C] = Temperatura de tornada del circuit de terra radiant.

La figura 2.3 mostra l'emissió tèrmica del paviment en funció del salt tèrmic  $T^*$  i de la distància de separació entre tubs de 16/20.



**Fig 2.3 Emissió tèrmica del terra en funció del salt tèrmic i de la distància de separació de tubs**



Per cada dependència es coneixen els valors de  $q_u$ , i per tant, seleccionant una distància entre tubs  $d$  adequada a la superfície de la dependència, segons es mostra a la taula 2.8, es pot trobar el valor de  $T^*$  utilitzant la figura 2.3.

D	5	8	10	15	16	20	25	30	33
$M/m^2$	23	14	12	8,4	8	6,5	5,5	4,8	4,4
$S_{max} (m^2)$	6	9,5	11	16	16,5	20,5	24	27,5	30

**Taula 2.8 Metres linials necessaris per  $m^2$  de circuit en funció de la distància de separació entre tubs i superfície màxima recomanada.**

Una vegada determinat  $d$ , si alguna dependència tingués més superfície que la màxima que li correspondria segons la taula 2.8, llavors s'hauria de realitzar dos o més circuits.

Coneguda la distància entre tubs per tots els circuits es pot saber quina longitud de tub  $M_c$  és necessària per a cadascun d'ells multiplicant la superfície útil del circuit pels metres linials del tub que es gasten per cada metre quadrat.

$$M_c = (\text{metres} / m^2) \cdot S_c \quad \text{Eq 2.7}$$

$M_c$  [m] = Longitud del tub.

$\text{metres}/m^2$  [1/m] = Metres linials de tub necessaris per cada metre quadrat.

$S_c$  [ $m^2$ ] = Superfície útil.

El cabal de disseny per a cada circuit està en funció de la potència corregida, l'àrea de cada habitació i el salt tèrmic entre l'anada i la tornada dins del circuit, tal i com mostra l'Equació 2.8.

$$m = \frac{q_u \cdot S_c}{\Delta T} \quad \text{Eq 2.8}$$



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

$\dot{m}$  [kg/s] = Cabal de disseny de la instal·lació.

$q_u$  [W/m<sup>2</sup>] = Potència corregida per cada dependència.

$S_c$  [m<sup>2</sup>] = Superfície útil.

$\Delta T$  [°C] = Salt tèrmic.

El cabal de disseny de la instal·lació es determina amb el sumatori de cabals de cada circuit. Coneixent el cabal dels circuits i el cabal total, es pot determinar la pèrdua de càrrega que haurà de vèncer la bomba. Per fer-ho es fa servir la figura 2.4 que mostra les corbes de pèrdues de càrrega pel tub de 16/20. La caiguda de pressió s'obtindrà multiplicant el valor de mmca/m, extret de la gràfica, pels metres lineals de tub que s'utilitzarà en cada circuit.

$$p_{c,i} = \text{mmca} / m \cdot M_c \quad \text{Eq 2.9}$$

$p_{c,i}$  [] = Pèrdues de càrrega del circuit.

mmca/m [mmca/m] = Pèrdua de càrrega per metre linial.

$M_c$  [m] = Longitud del tub.

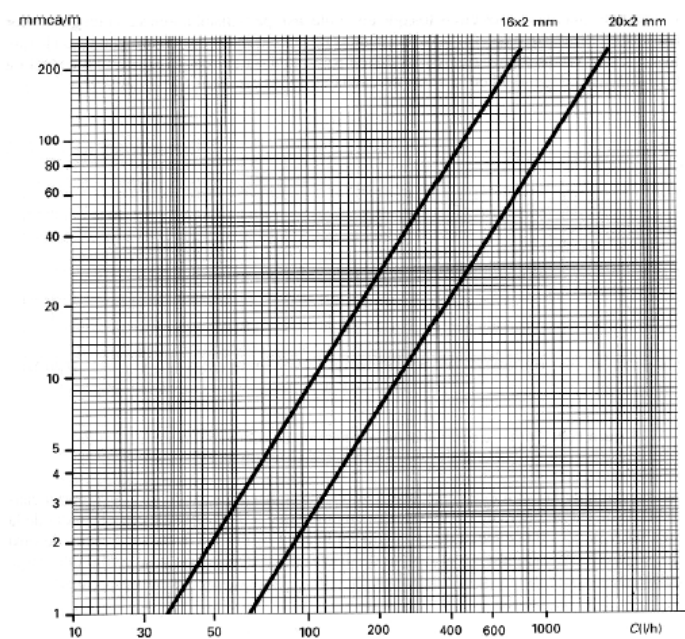
La caiguda de pressió total de la instal·lació de mode simplificat es calcula sumant la de cada circuit i multiplicant el total per un factor 1,2 per afegir un 20% més per pèrdues en distribuïdors, calderes, valvules i canonades generals.

$$p_c = 1,2 \cdot \sum_i p_{c,i} \quad \text{Eq 2.10}$$

$p_c$  [mmca] = Caiguda de pressió total.

$p_{c,i}$  [mmca] = Pèrdues de càrrega del circuit.





**Fig 2.4 Caiguda de pressió en les canonades**

El resultat del càlcul de la instal·lació del terra radiant es mostra en la taula 2.9

	menjador	Cuina	sala estar	habitació 1	habitació 2	habitació 3	bany
<b>codi circuit</b>	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
<b>Q</b>	1.074,89	362,11	534	926	426	370	556
<b>Sc (m2)</b>	14,55	4,9	13,07	9,9	10,21	6,13	2,22
<b>Q (W/m2)</b>	73,86	73,87	41	94	42	60	250
<b>C<sub>s</sub></b>	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
<b>C<sub>pe</sub></b>	1,1	0,9	1,1	1,1	1,1	1,1	1
<b>C<sub>n</sub></b>	1,1	1	1,1	1,05	1	1,05	1
<b>C<sub>pv</sub></b>	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32
<b>q<sub>u</sub> (W/m2)</b>	129,77	96,53	72,03	157,64	67,08	100,62	363
<b>T<sub>s</sub> (°C)</b>	26	26	26	27	27	27	29
<b>T<sub>s</sub> max (°C)</b>	29	29	29	29	29	29	33
<b>T<sub>a</sub></b>	20	20	20	20	20	20	20
<b>T<sub>anada</sub></b>	40	40	40	40	40	40	40
<b>T* (°C)</b>	13,5	13,5	14	14,5	14,5	14,5	15,5
<b>T<sub>m</sub> (°C)</b>	33,5	33,5	34	34,5	34,5	34,5	35,5
<b>T<sub>retorn</sub> (°C)</b>	27	27	28	29	29	29	31
<b>Δ T (°C)</b>	13	13	12	11	11	11	9
<b>D (cm)</b>	25	20	25	20	20	20	15
<b>M<sub>c</sub> (m)</b>	80,04	31,86	71,88	64,35	66,36	39,84	18,65
<b>M<sub>c</sub> max(m)</b>	120	120	120	120	120	120	120
<b>m (gr/s)</b>	34,75	8,70	18,76	33,94	14,89	13,41	21,42
<b>m (L/h)</b>	125,11	31,34	67,57	122,19	53,62	48,29	77,11
<b>mmca/m</b>	12	1	3,5	11	2,4	1,8	4,5
<b>pc (mmca)</b>	960,43	31,86	251,59	707,85	159,27	71,72	83,91

**Taula 2.9 Resultats dels càlculs de la instal·lació del terra radiant**

La pèrdua de pressió total de la instal·lació és de 2266,65 mmca, el cabal total és de 525,26 L/h, i la temperatura mitja de l'aigua de retorn és 28,6 °C



## 2.4. Fluid del bescanviador geotèrmic

El fluid caloportador circula per l'interior del captador geotèrmic i absorbeix el calor que cedeix el terra, transportant-la fins a un bescanviador aigua-aigua on cedeix la calor al circuit de terra radiant.

El circuit primari de la instal·lació està situat a l'exterior, per tant durant els mesos d'hivern el fluid caloportador es podria congelar si no se li afegís un additiu.

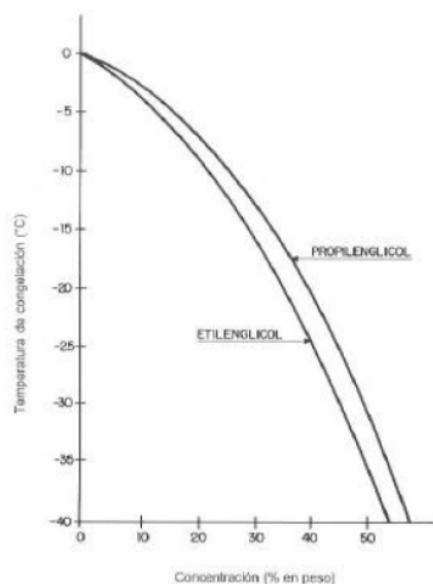
En el Servei Meteorològic de Catalunya (Meteocat) es poden trobar les temperatures mínimes registrades durant els últims anys. Degut a que la instal·lació que s'estudia en aquest projecte es troba al terme municipal d'Albatarrec, i com d'aquest municipi no s'ha trobat dades, s'han considerat les dades de Lleida (la Bordeta).

ANY	TEMPERATURA (°C)
2003	-7
2002	-8
2001	-7

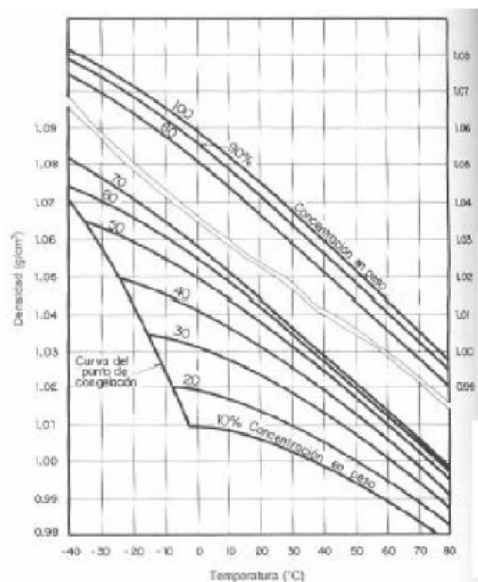
**Taula 2.10. Temperatures mínimes obtingudes en el Servei Meteorològic de Catalunya.**

Com a fluid caloportador s'ha escollit una barreja d'aigua i propilenglicol, que amb una proporció del 30% al fluid caloportador fa que la barreja tingui una temperatura de congelació de  $-14\text{ }^{\circ}\text{C}$ , tal i com es pot observar a la gràfica de la figura 2.5. tot i que la temperatura mínima del Servei Meteorològic de Catalunya sigui superior ja que es tracta d'una casa a les afores de la població i no està tan resguardat del fred.

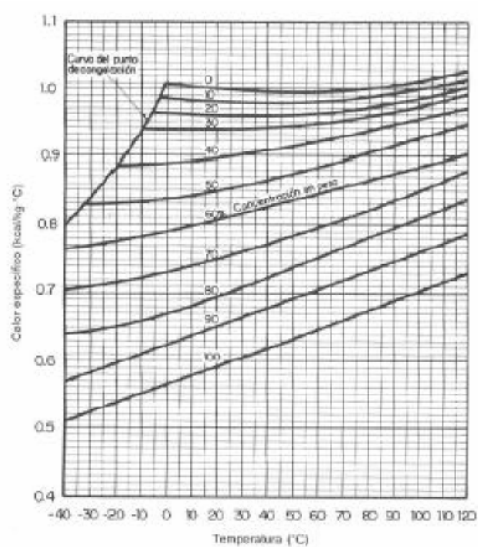
La densitat, el calor específic, i la viscositat cinemàtica del propilenglicol amb una concentració del 30% es poden calcular a partir de les gràfiques de les figures 2.6., 2.7. i 2.8.



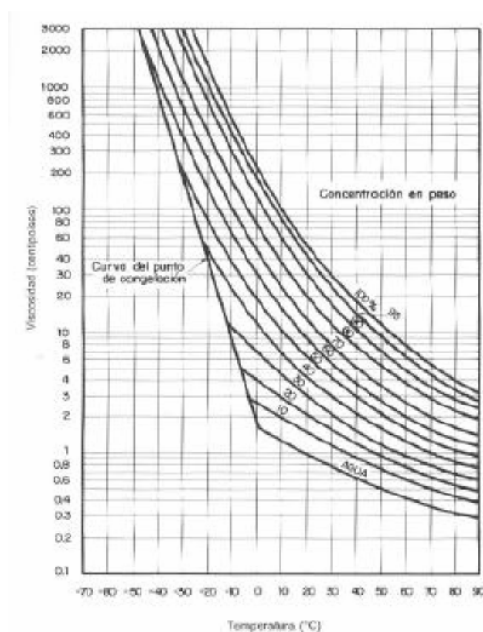
**Fig. 2.5. Concentració de propilenglicol segons la temperatura de congelació.**



**Fig. 2.6. Densitat del propilenglicol segons la concentració i la temperatura de treball.**



**Fig. 2.7. Calor específic del propilenglicol segons la concentració i la temperatura de treball.**



**Fig. 2.8. Viscositat cinemàtica del propilenglicol segons la concentració i la temperatura de treball**

En la taula 2.11. és pot observar les propietats obtingudes amb els gràfics anteriors.

Punt de fusió (°C)	-14
Concentració de propilenglicol (%)	30
Temperatura de treball (°C)	60
Densitat (kg/m <sup>3</sup> )	1.002
Calor específic (J/kg·°C)	3.958,3
Viscositat dinàmica (Pa·s)	9,8·10 <sup>-4</sup>
Temperatura d'ebullició a 1 bar (°C)	102,22

**Taula 2.11. Propietats fluid caloportador.**

#### 2.4.1. Càlcul cabal bescanviador

La calor necessària per aconseguir calefactar la vivenda durant els mesos d'hivern s'extreu del subsòl mitjançant un bescanviador geotèrmic que tindrà una profunditat, un diàmetre de tubs i un cabal concrets per tal de poder satisfer els valors calculats en l'apartat de càrregues tèrmiques.

El cabal de calefacció ve determinat per la fórmula:

$$\dot{m}_{heat} = \frac{Q_{d,heat}}{\rho \cdot C_p \cdot (T_{g,wi} - T_{g,wo})} \cdot \frac{(COP_h - 1)}{COP_h} \quad \text{Eq 2.11}$$

on:

$\dot{m}_{heat}$  [m<sup>3</sup>/s] = Cabal necessari del bescanviador per al mode de calefacció

$Q_{d,heat}$  [W] = Calor absorbida pel bescanviador

$\rho$  [kg/m<sup>3</sup>] = Densitat del fluid caloportador

$C_p$  [J/kg·°C] = Calor específic del fluid caloportador

$T_{g,wi}$  [°C] = Temperatura entrada al bescanviador



$T_{g,wo}$  [°C] = Temperatura sortida al bescanviador

$COP_h$  [-] = Rendiment bomba de calor

Per tant, sabent que la calor absorbida pel bescanviador és 6.970 W

$$\dot{m}_{heat} = \frac{6971}{1002 \cdot 3958,3 \cdot (19,4 - 5)} \cdot \frac{4,7 - 1}{4,7} = 9,6 \cdot 10^{-5} m^3 / s = 34,58 L/h \quad \text{Eq.2.12}$$

## 2.5. Dimensionament del vas d'expansió

En aquest apartat es detalla el càlcul del dipòsit del vas d'expansió de la instal·lació del terra radiant. Hi ha una altra manera de calcular el vas d'expansió seguint el RITE, i que consisteix en que el vas ha de tenir una capacitat mínima del 6 % del volum d'aigua del circuit, aquests càlculs es poden observar en l'apartat 1.10 de la memòria, on s'escull el valor més restrictiu de volum.

### 2.5.1. Mètode de càlcul

La missió del vas d'expansió és la d'absorbir l'augment de volum de l'aigua que es produeix quan aquesta augmenta de temperatura, degut a les dilatacions que experimenten els líquids.

En primer lloc caldrà determinar quin és el volum de fluid contingut a la instal·lació ( $V_i$ ). Conegudes les temperatures màxima ( $T_{max}$ ) i mínima ( $T_{min}$ ) del sistema i el coeficient de dilatació volumètrica del fluid ( $\beta$ ), es pot determinar quin és l'increment de volum que experimentarà el líquid ( $\Delta V$ ). El vas d'expansió haurà de tenir una capacitat de, com a mínim, aquest volum. L'expressió matemàtica que relaciona aquests paràmetres és la següent:



$$\Delta V = \beta \cdot V_i \cdot (T_{\max} - T_{\min}) \quad \text{Eq. 2.13}$$

$\Delta V$  [m<sup>3</sup>] = Increment de volum que experimenta el líquid.

$\beta$  [°C<sup>-1</sup>] = Dilatació volumètrica del fluid.

$V_i$  [m<sup>3</sup>] = Volum de fluid contingut a la instal·lació.

$T_{\max}$  [°C] = Temperatura màxima del sistema.

$T_{\min}$  [°C] = Temperatura mínima del sistema.

El volum total de fluid de la instal·lació serà la suma del contingut a les canonades i del contingut en la resta d'elements.

Per calcular el volum de fluid contingut a les canonades s'utilitza l'equació 2.14.

$$V_{\text{canonada}} = 1000 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_i^2 \cdot L \quad \text{Eq. 2.14}$$

$V_{\text{canonada}}$  [m<sup>3</sup>] = Volum del fluid de les canonades

$d_i^2$  [m<sup>2</sup>] = Diàmetre interior de la canonada.

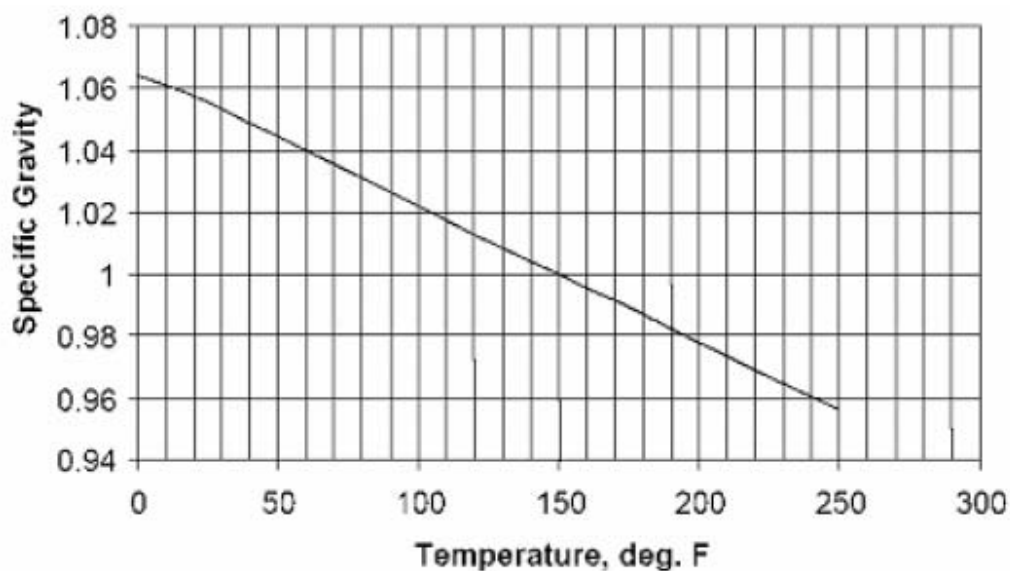
$L$  [m] = Longitud total dels circuits de tota la instal·lació.

## 2.5.2. Vas d'expansió del bescanviador.

Pel circuit primari flueix una barreja d'aigua i propilenglicol. El coeficient de dilatació d'aquest anticongelant es desconeix i per tant s'ha de calcular.

La gràfica de la figura 2.9. mostra el pes específic del propilenglicol en funció de la seva temperatura. Utilitzant aquesta gràfica i l'equació 2.15, es pot determinar el coeficient de dilatació del propilenglicol.





**Fig 2.9. Pes específic del propilenglicol en funció de la seva temperatura.**

$$\beta = \frac{\Delta V}{\Delta T \cdot V_1} = \frac{V_2 - V_1}{(T_2 - T_1) \cdot V_1} = \frac{\frac{m}{\rho_2} - \frac{m}{\rho_1}}{(T_2 - T_1) \cdot \frac{m}{\rho_1}} = \frac{\frac{\rho_1}{\rho_2} - 1}{(T_2 - T_1)} \quad \text{Eq 2.15}$$

$\beta$  [°C<sup>-1</sup>] = Coeficient de dilatació volumètrica del propilenglicol.

$\Delta V$  [m<sup>3</sup>] = Increment de volum.

$\Delta T$  [°C] = Increment de temperatura.

$m$  [kg/m<sup>3</sup>] = Pes específic

$\rho_1$  [kg/m<sup>3</sup>] = Densitat en el punt 1 de la gràfica.

$\rho_2$  [kg/m<sup>3</sup>] = Densitat en el punt 2 de la gràfica.

$T_1$  [°C] = Temperatura en el punt 1 de la gràfica.

$T_2$  [°C] = Temperatura en el punt 2 de la gràfica.



Per a fer els càlculs s'ha seleccionat com a  $T_1$  la temperatura de 50 °F i com a  $T_2$  la temperatura de 150 °F. Amb l'equació 2.16. es pot canviar les unitats de les temperatures per passar-les a graus Celsius.

$$T(^{\circ}C) = \frac{5}{8} \cdot (T(^{\circ}F) - 32) \quad \text{Eq 2.16}$$

Així doncs, es té que 50 °F = 10 °C i 150 °F = 65,5 °C. Observant la gràfica de la figura 2.9. s'obté per a  $T_1 = 50$  °F li correspon  $\rho_1 = 1,045 \text{ kg/m}^3$ , i a  $T_2 = 150$  °F li correspon  $\rho_2 = 1 \text{ kg/m}^3$ . Substituint els valors a l'equació 2.15 es troba el valor del coeficient de dilatació volumètrica.

$$\beta = \frac{\frac{\rho_1}{\rho_2} - 1}{(T_2 - T_1)} = \frac{\frac{1,045}{1} - 1}{65,5 - 10} = 8,1 \cdot 10^{-4} \text{ } ^{\circ}C^{-1}$$

Primerament es calcula la fracció volumètrica de propilenglicol, segons l'equació 2.17, coneixent les densitats de la barreja aigua-propilenglicol i de l'aigua, que són  $1.002 \text{ kg/m}^3$  i  $1.000 \text{ kg/m}^3$  respectivament.

$$f_p^{VOL} = 1 - \frac{\rho_{barreja}}{\rho_a} \cdot (1 - f_p^{MAS}) \quad \text{Eq. 2.17}$$

$f_p^{VOL}$  [-] = Fracció volumètrica de propilenglicol.

$\rho_{barreja}$  [ $\text{kg/m}^3$ ] = Densitat de la barreja.

$\rho_a$  [ $\text{kg/m}^3$ ] = Densitat de l'aigua.

$f_p^{MAS}$  [-] = Fracció massica de propilenglicol, que el seu valor és 0,3.

Substituint els valors tenim que:

$$f_p^{VOL} = 1 - \frac{1002}{1000} \cdot (1 - 0,3) = 0,29$$

Per calcular la variació de volum de la mescla d'aigua i propilenglicol, cal fer una mitjana ponderada tenint en compte el percentatge en volum de cadascun dels components, tal i com mostra l'equació 2.18.

$$\frac{\Delta V}{V_i} = \frac{\Delta V_a + \Delta V_p}{V_i} = \Delta T \cdot \left( \frac{\beta_a \cdot V_a}{V_i} + \frac{\beta_p \cdot V_p}{V_i} \right) = (T_{\max} - T_{\min}) \cdot (\beta_a \cdot f_a^{VOL} + \beta_p \cdot f_p^{VOL}) \text{ Eq 2.18}$$

Per determinar  $T_{\max}$  de la barreja d'anticongelant sabem que la vàlvula de seguretat no actuarà fins que la barreja comenci a bullir, es a dir quan arribi a 102,22 °C, segons es pot veure a l'apartat 2.4. (fluid del bescanviador)  $T_{\min}$  normalment es considera 4 °C, que és quan l'aigua arriba al seu volum mínim (per sota d'aquesta temperatura la relació entre temperatura-increment de volum no és lineal i canvia de pendent). Aplicant aquets valors, i sabent que el coeficient de dilatació volumètrica de l'aigua és de  $2,1 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , es pot aplicar l'equació 2.19:

$$\frac{\Delta V}{V_i} = (102,22 - 4) \cdot (2,1 \cdot 10^{-4} \cdot 0,71 + 8,1 \cdot 10^{-4} \cdot 0,29) = 0,0377 \text{ Eq 2.19}$$

Ara només cal calcular els volums de fluid que es troba al circuit, que serà el volum que hi ha a les canonades més el volum de fluid que conté el bescanviador.

Per calcular el volum de les canonades s'utilitza l'equació 2.14, calculant prèviament les longituds totals de les canonades. Per calcular la longitud total del circuit primari s'ha de sumar la longitud de la canonada desde la bomba de calor fins a l'inici del pou que és de 5 m (i viceversa) i la longitud del pou d'anada i tornada que és de 80 m, així la longitud total



és de 170 m. Les canonades del circuit primari seran d'un únic diàmetre de 0,0318 m. Així el volum serà:

$$V_{\text{canonades}} = 1000 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_i^2 \cdot L = 1000 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 0,0318^2 \cdot 170 = 135L$$

L'increment de volum del fluid caloportador es calcula segons l'equació 2.20.

$$\Delta V = V_i \cdot \frac{\Delta V}{V_i} = 135 \cdot 0,0377 = 5,1L \quad \text{Eq. 2.20}$$

El volum del vas d'expansió del bescanviador ha de ser com a mínim 5,1 L.

### 2.5.3. Vas d'expansió del terra radiant.

Pel circuit del terra radiant, el fluid circulant és l'aigua. La temperatura màxima a la que arribarà l'aigua és de 40°C, ja que és la temperatura d'anada als diferents circuits, i la temperatura mínima es considera 4°C ja que és la temperatura mínima avans que es comenci a congelar, i sabent que el coeficient de dilatació volumètrica de l'aigua és de  $2,1 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ . Així doncs el volum del vas d'expansió es pot calcular amb l'equació 2.21.

$$\frac{\Delta V}{V_i} = (T_{\text{max}} - T_{\text{min}}) \cdot \beta_a = (40 - 4) \cdot 2,1 \cdot 10^{-4} = 0,00756 \quad \text{Eq. 2.21}$$

$\frac{\Delta V}{V_i}$  [-] = Increment de volum per cada unitat de volum.

$T_{\text{max}}$  [°C] = Temperatura màxima de l'aigua al circuit.

$T_{\text{min}}$  [°C] = Temperatura mínima de l'aigua al circuit.

$\beta_a$  [°C<sup>-1</sup>] = Coeficient de dilatació volumètrica de l'aigua.



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

El volum de les canonades es calcula sumant l'aigua dels tubs del sistema de terra radiant, la longitud dels tubs de 16/20 mm es calcula sumant les longituds de cada circuit, (veure taula 2.9 de l'apartat 2.3.1). La longitud de les canonades de 16 mm de diàmetre interior és de 373 m, i el diàmetre de la canonada que circula entre la bomba de calor i el col·lector és de 1 1/4" amb una longitud total de 19,70 m. Per calcular el volum total s'utilitza l'equació 2.14.

$$V_{\text{canonades}} = 1000 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_i^2 \cdot L = 1000 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 0,016^2 \cdot 373 + 1000 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 0,038^2 \cdot 19,7 = 98L$$

El volum del vas d'expansió es pot calcular amb l'equació 2.22.

$$\Delta V = V_i \cdot \frac{\Delta V}{V_i} = 98 \cdot 0,00756 = 0,75L \quad \text{Eq. 2.22.}$$

El volum del vas d'expansió per al terra radiant és de 0,75 L.



## 2.6. Càlculs pèrdues de càrrega

En aquest apartat es descriu el càlcul de les pèrdues de càrrega que permeten dimensionar les canonades dels diferents circuits.

### 2.6.1. Mètode de càlcul

Les pèrdues de càrrega es poden descomposar en dos factors: les pèrdues contínues ( $h_{lc}$ ), que són les degudes al fregament del fluid amb l'interior de les canonades, i les singulars ( $h_{ls}$ ), degudes a la resistència que ofereixen les vàlvules, i altres elements dels circuits.

Per tant, les pèrdues de càrrega totals es poden escriure segons l'equació 2.23.

$$h_L = h_{LC} + h_{LS} \quad \text{Eq. 2.23}$$

Per poder calcular  $h_{lc}$ , en primer lloc cal calcular el nombre de Reynolds segons l'equació 2.24.

On:

$\mu$  [Pa·s] = viscositat dinàmica.

$\rho$  [kg/m<sup>3</sup>] = densitat del líquid.

$d$  [mm] = diàmetre interior de la canonada.

$v$  [m/s] = velocitat del fluid dins de la canonada.

$$\text{Re} = \frac{v \cdot d \cdot \rho}{\mu} \quad \text{Eq. 2.24}$$

La velocitat del fluid es calcula amb l'equació 2.25, on  $\dot{m}$  és el cabal màssic circulant per la canonada, en kg/s.

$$v = \frac{4 \cdot \dot{m}}{\rho \cdot \pi \cdot d^2} \quad \text{Eq. 2.25}$$

Seguidament s'ha de calcular el coeficient de fricció  $\lambda$  que està en funció del nombre de Reynolds:

- Si  $Re < 2000$ , s'anomena règim laminar, i el coeficient  $\lambda$  es calcula amb l'equació 2.26.

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad \text{Eq. 2.26}$$

- Si  $Re > 2000$ , s'anomena règim turbulent, i el coeficient  $\lambda$  dependrà de la rugositat de la canonada ( $\varepsilon$ ).

Si  $\varepsilon \leq \frac{5 \cdot \mu}{v \cdot \rho}$ ,  $\lambda$  es calcula amb l'equació 2.27.

$$\lambda = \frac{0,314}{0,7 - 1,65 \cdot \log_{10}(Re) + [\log_{10}(Re)]^2} \quad \text{Eq. 2.27}$$

Si  $\varepsilon > \frac{5 \cdot \mu}{v \cdot \rho}$ ,  $\lambda$  es calcula amb l'equació 2.28.

$$\lambda = \frac{1,325}{Ln^2 \left[ \frac{\varepsilon}{3,7 \cdot d} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right]} \quad \text{Eq. 2.28}$$

Calculat el valor del coeficient  $\lambda$ , les pèrdues contínues es calculen segons l'equació 2.29, on  $L$  és la longitud de la canonada en metres i  $g$  és l'acceleració de la gravetat, fixada en  $9,81 \text{ m/s}^2$ .

$$h_{LC} = \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad \text{Eq. 2.29}$$

Per al càlcul de les pèrdues singulars ( $h_{LS}$ ) s'ha utilitzat un mètode pràctic aproximat exposat als documentns tècnics de *Factor 4 Ingenieros Consultores S.L.*, que consisteix en



considerar les pèrdues singulars el 50% de les pèrdues continues. Per tant es multiplicaran les pèrdues continues totals per un factor 0,5.

Al mercat es pot trobar canonades de coure de tres tipus: tipus K, tipus L, i tipus M. Les de tipus K suporten pressions més elevades, i les de tipus M són les que suporten pressions menors. Per tant, com la instal·lació ha dissenyar no treballa a pressions elevades s'han seleccionat les de tipus M.

## 2.6.2. Pèrdues de càrrega en el circuit primari

Pel circuit primari circula el fluid caloportador que transmet l'energia geotèrmica absorbida pel bescanviador geotèrmic.

El circuit s'ha dividit en dos trams ja que els diàmetres són diferents, una part és el pou on hi ha el bescanviador que són 80 m d'anada i 80 m de retorn, i l'altre tram és del pou fins a la bomba geotèrmica dins de la vivenda.

TRAM	$\dot{m}$ [kg/s]	L [m]	d [m]	v [m/s]	Re	$\lambda$	$h_{LC}$ [mmca]
bescanviador	0,096192	160	0,0318	0,1208	3.930,14	0,0408	0,1529
bescanviador-bomba	0,096192	10	0,038	0,0846	3.288,91	0,0432	0,0041

**Taula 2.12. Resultat de les pèrdues de càrrega**

Les pèrdues de càrrega continues de la instal·lació del bescanviador són 0,1571 mmca.

Les pèrdues singulars ( $h_{LS}$ ) són el 50 % de les continues, és a dir, 0,07855 mmca.

Les pèrdues totals del circuit primari són 0,23565 mmca.



## 2.7. Aïllament de les canonades

L'aïllament de les canonades està en funció del diàmetre de la canonada i de la temperatura del fluid circulant. Està regulat a l'apèndix 3.01 de la ITE 03., on es mostra una taula amb els espessors mínims prenent com a referència un aïllant amb una conductivitat tèrmica igual a 0,040 W/m·°C a 20 °C. Aquests valors es mostren en la taula 2.13.

<i>Fluido interior caliente</i>				
<i>Diámetro exterior (1) (mm)</i>	<i>Temperatura del fluido (2) °C</i>			
	<i>40 a 65</i>	<i>66 a 100</i>	<i>101 a 150</i>	<i>151 a 200</i>
$D \leq 35$	20	20	30	40
$35 < D \leq 60$	20	30	40	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40	50
$90 < D \leq 140$	30	40	50	50
$140 < D$	30	40	50	60

**Taula 2.13. Espessor de l'aïllant en mil·límetres en funció del diàmetre exterior de la canonada.**

Per les canonades del present projecte s'ha escollit un aïllament adient per a canonades de calefacció de la marca ISOVER, que segons les seves especificacions tècniques compleixen amb la ITE 03 en tota la seva gamma de productes.

L'elecció de l'espessor de l'aïllant es realitza segons la taula 2.14. on seleccionant el diàmetre de canonada ens indica directament l'espessor de l'aïllament.

Diámetro de la tubería (mm)	Espesor coquilla estándar (mm)	Espesor coquilla autoadhesiva (mm)	Longitud (m)
12	9 y 19	9	2
15		9 y 19	
18			
28			
35			
42	9, 19 y 27		
48			
54		19	
60	9 Y 27		
76			
89			
102			
114			
140			
160	27 y 37		
168			

**Taula 2.14. Espessor de l'aïllant Armaflex SH.**

Per a les canonades de 1" i de 1 ¼", es pot utilitzar una coquilla autoadhesiva de 19 mm d'aïllant per a canonades interiors. Segons la ITE 03 dels RITE, per canonades exteriors s'haurà d'incrementar l'espessor de l'aïllant en 10 mm quan circulin fluids calents. Per tant en aquesta instal·lació totes les canonades exteriors, incloent les que van soterrades, aniran aïllades amb coquilles de 19 mm més una altra coquilla de 9 mm. Així, l'aïllament tindrà un espessor total de 28 mm, complint amb la normativa.



## 2.8. Dimensionament del bescanviador

### 2.8.1. Càlcul justificatiu de la longitud del bescanviador de calor terra - aigua

El mètode utilitzat pel càlcul de la longitud del bescanviador és el suggerit per Kavanaugh i Rafferty i que es basa en la solució de les equacions de transferència de calor d'un cilindre enterrat en el subsòl. L'equació de forma simple es pot expressar com:

$$q = L \cdot (t_g - t_w) / R \quad \text{Eq 2.30}$$

$q$  [W] = Calor intercanviat pel cilindre.

$L$  [m] = Longitud del cilindre.

$t_g$  [°C] = Temperatura estable del subsòl.

$t_w$  [°C] = Temperatura del líquid que recorre el cilindre.

$R$  [m°C/W] = Resistència tèrmica del subsòl.

Per tal de valorar correctament el comportament del bescanviador es té en compte la resistència del terreny segons l'energia diària, mensual i anual bescanviada de forma que amb l'equació anterior es pot calcular la longitud del bescanviador per al cas de refredament (Eq. 2.31)

$$L_c = \frac{q_a \cdot R_{ga} + (q_{lc} - W_c) \cdot (R_b + PLF_m \cdot R_{gm} + R_{gd} \cdot F_{sc})}{t_g - \frac{t_{wi} + t_{wo}}{2} - t_p} \quad \text{Eq 2.31}$$

I també per al cas d'escalfament:

$$L_h = \frac{q_a \cdot R_{ga} + (q_{lh} - W_h) \cdot (R_b + PLF_m \cdot R_{gm} + R_{gd} \cdot F_{sc})}{t_g - \frac{t_{wi} + t_{wo}}{2} - t_p} \quad \text{Eq 2.32}$$



on:

$L_c$  [m] = Longitud del pou necessària per al cicle de refredament.

$L_h$  [m] = Longitud del pou necessària per al cicle d'escalfament.

$PLF_m$  [-] = Factor de càrrega parcial en el mes de disseny.

$q_a$  [W] = Potència neta anual transferida al subsòl.

$q_{lc}$  [W] = Càrrega de fred de disseny.

$W_c$  [W] = Potència elèctrica consumida per l'equip en cicle de fred.

$q_{lh}$  [W] = Càrrega de calor de disseny.

$W_h$  [W] = Potència elèctrica consumida per l'equip en cicle de calor.

$R_{ga}$  [m°C/W] = Resistència tèrmica anual del subsòl.

$R_{gm}$  [m°C/W] = Resistència tèrmica mensual del subsòl.

$R_{gd}$  [m°C/W] = Resistència tèrmica diària del subsòl.

$F_{sc}$  [-] = Factor de correcció que té en compte en n° de forats en paral·lel i el cabal de l'aigua a passar.

$R_b$  [m°C/W] = Resistència tèrmica del pou.

$t_g$  [°C] = Temperatura permanent del subsòl.

$t_p$  [°C] = Temperatura permanent del subsòl degut a l'acumulació de calor.

$t_{wi}$  [°C] = Temperatura del líquid caloportador a l'entrada de la bomba de calor.

$t_{wo}$  [°C] = Temperatura del líquid caloportador a la sortida de la bomba de calor.

Per poder valorar el bescanviador d'un sistema tancat és necessari conèixer la temperatura del subsòl a la profunditat que es troba el bescanviador.

Segons les directrius del IGSHPA (1988), la temperatura del subsòl expressada en °C es pot expressar de la següent manera:



$$T_g(X_s, t) = T_g - A_s \cdot \exp\left(-X_s \cdot \sqrt{\frac{\pi}{365 \cdot \alpha}}\right) \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi}{365} \left[t - t_0 - \frac{X_s}{2} \cdot \sqrt{\frac{365}{\pi \cdot \alpha}}\right]\right) \quad \text{Eq 2.33}$$

$X_s$  [m] = Profunditat del subsòl.

$t$  [dies] = Dia de l'any.

$t_0$  [dies] = Numero de dies del mes.

$T_g$  [°C] = Temperatura mitja anual del subsòl.

$A_s$  [°C] = Variació anual de la temperatura del sòl ( $T_{\max} - T_{\min}$ ).

$\alpha_s$  [m<sup>2</sup>/dia] = Difusivitat tèrmica del subsòl.

Donat que el dimensionament del circuit geotèrmic es realitza per a poder cobrir la demanda també en condicions extremes, l'Eq 2.33 es pot simplificar en les Eq 2.34 i Eq 2.35

$$T_{g \min} = T_g - A_s \cdot \exp\left(-X_s \cdot \sqrt{\frac{\pi}{365 \cdot \alpha}}\right) \quad \text{Eq 2.34}$$

$$T_{g \max} = T_g + A_s \cdot \exp\left(-X_s \cdot \sqrt{\frac{\pi}{365 \cdot \alpha}}\right) \quad \text{Eq 2.35}$$

$T_{g \min}$  [°C] = Temperatura mínima del subsòl a la profunditat  $X_s$ .

$T_{g \max}$  [°C] = Temperatura màxima del subsòl a la profunditat  $X_s$ .

$T_g$  [°C] = Temperatura mitja anual del subsòl.

$A_s$  [°C] = Variació anual de la temperatura del sòl ( $T_{\max} - T_{\min}$ ).

$X_s$  [m] = Profunditat del subsòl.

$\alpha_s$  [m<sup>2</sup>/dia] = Difusivitat tèrmica del subsòl.

Per sistemes verticals la temperatura del subsòl a partir de 10 m és igual a la temperatura mitja anual.

Per sistemes horitzontals cal conèixer la profunditat de les rases on es col·loquen els tubs per tal de determinar la temperatura màxima pel cicle de refredament i la temperatura mínima pel cicle d'escalfament.

A continuació l'Eq 2.36 mostra el factor de càrrega parcial en el mes de disseny.

$$PLFM = \frac{q_{8-12} \cdot 4 + q_{12-16} \cdot 4 + q_{16-20} \cdot 4 + q_{20-8} \cdot 12}{q_{disseny} \cdot 24} \cdot \frac{d_f}{d_m} \quad \text{Eq 2.36}$$

PLFM [-] = Factor de càrrega parcial en el mes de disseny.

$q_{8-12}$  [W] = Càrrega prevista entre les 8 h i 12 h del dia de disseny.

$q_{12-16}$  [W] = Càrrega prevista entre les 12 h i 16 h del dia de disseny.

$q_{16-20}$  [W] = Càrrega prevista entre les 16 h i 20 h del dia de disseny.

$q_{20-8}$  [W] = Càrrega prevista entre les 20 h i 8 h del dia de disseny.

$q$  [W] = Càrrega de disseny.

$d_f$  [dies] = Dies de funcionament del sistema.

$d_m$  [dies] = Dies del mes de disseny.

A continuació l'Eq 2.37 mostra la potència neta anual transferida al subsòl.

$$q_a = \frac{\sum q_{lc} \cdot \frac{COP+1}{COP} \cdot h_c + \sum q_{lh} \cdot \frac{COP-1}{COP} \cdot h_h}{8760} \quad \text{Eq 2.37}$$

$q_a$  [W] = Potència neta anual transferida al subsòl.

$q_{lc}$  [W] = Càrrega de fred de disseny.

$q_{lh}$  [W] = Càrrega de calor de disseny.



$h_c$  [h] = Hores equivalents de fred a plena càrrega.

$h_h$  [h] = Hores equivalents de calor a plena càrrega.

8760 = Hores anuals.

A continuació les Eq 2.38, Eq 2.39 i Eq 2.40 mostra la resistència tèrmica del subsòl.

$$R_{ga} = \frac{G_f - G_1}{K_g} \quad \text{Eq 2.38} \quad R_{gm} = \frac{G_1 - G_2}{K_g} \quad \text{Eq 2.39} \quad R_{gd} = \frac{G_2}{K_g} \quad \text{Eq 2.40}$$

$F_{sc}$  (Factor de correcció que té en compte en n° de forats en paral·lel i el cabal de l'aigua a passar) augmenta la resistència  $R_{gd}$  en funció del curtcircuit de calor que es produeix entre els tubs d'anada i de tornada del bucle vertical i és funció del cabal i tipus de circuit utilitzat.

$$G = f(F_0) \quad \text{Eq 2.41}$$

$$F_0 = \frac{4 \cdot \alpha_g \cdot \tau}{d^2} \quad \text{Eq 2.42}$$

$G$  [W] = Guanys energètics.

$K_g$  [m°C/W] = Resistència tèrmica del subsòl.

$\alpha_g$  [m²/dia] = Difusivitat tèrmica del subsòl.

$\tau$  [dies] = Temps de duració del pols tèrmic.

$d$  [mm] = Diametre del tub.

$$F_{0f} = \frac{4 \cdot \alpha_g \cdot \tau_f}{d^2} \quad \text{Eq 2.43} \quad F_{01} = \frac{4 \cdot \alpha_g \cdot (\tau_f - \tau_1)}{d^2} \quad \text{Eq 2.44} \quad F_{02} = \frac{4 \cdot \alpha_g \cdot (\tau_f - \tau_2)}{d^2} \quad \text{Eq 2.45}$$



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

$$\tau_f [\text{dies}] = 3.650 (10\text{anys})$$

$$\tau_1 [\text{dies}] = 3.650 + 30 (10\text{anys} + 1\text{mes})$$

$$\tau_2 [\text{dies}] = 3.650\text{dies} + 30 + 0,167(10\text{anys} + 1\text{mes} + 4\text{hores})$$

A continuació l'Eq 2.46 mostra la potència elèctrica necessària.

$$W_c = \sum W_c \cdot PLF_d \quad \text{Eq. 2.46}$$

$W_c$  [W] = potència elèctrica per zona i dia de disseny.

$PLF_d$  [-] = Factor de càrrega parcial.

A continuació l'Eq 2.47 mostra el factor de càrrega parcial.

$$PLF_d = \frac{q_{lc}}{TC} \quad \text{Eq. 2.47}$$

$PLF_d$  [-] = Factor de càrrega parcial.

$q_{lc}$  [W] = Càrrega màxima de fred de disseny.

$TC$  [W] = Potència nominal de l'equip.

A continuació les Figures 2.10 i 2.11. mostren la resistència tèrmica del pou



U-tube Dia. (Eqv. Dia.)	SDR or Schedule	Pipe (Bore) Thermal Resistance (h·ft·°F/Btu)			
		For Water Flows above 2.0 gpm	20% Prop. Glycol Flow 3.0 gpm	20% Prop. Glycol Flow 5.0 gpm	20% Prop. Glycol Flow 10.0 gpm
¾ in. (0.15 ft)	SDR 11	0.09	0.12	NR	NR
	SDR 9	0.11	0.15	NR	NR
	Sch 40	0.10	0.14	NR	NR
1.0 in. (0.18 ft)	SDR 11	0.09	0.14	0.10	NR
	SDR 9	0.11	0.16	0.12	NR
	Sch 40	0.10	0.15	0.11	NR
1¼ in. (0.22 ft)	SDR 11	0.09	0.15	0.12	0.09
	SDR 9	0.11	0.17	0.15	0.11
	Sch 40	0.09	0.15	0.12	0.09
1½ in. (0.25 ft)	SDR 11	0.09 <sup>1</sup>	0.16	0.15	0.09
	SDR 9	0.11 <sup>1</sup>	0.18	0.17	0.11
	Sch 40	0.08 <sup>1</sup>	0.14	0.14	0.08

\*Based on using borehole cuttings for backfilling around U-tube. Use Table 3.2 corrections for other conditions

<sup>1</sup>Water flow must be at least 3.0 gpm to avoid laminar flow for these cases.

Fig. 2.10. Equivalència de diàmetres i resistències tèrmiques.

Natural Soil Cond.	0.9 Btu/h·ft·°F		1.3 Btu/h·ft·°F			1.7 Btu/h·ft·°F	
Backfill or Grout Conductivity	0.5 Btu/ h·ft·°F	2.0 Btu/ h·ft·°F	0.5 Btu/ h·ft·°F	1.0 Btu/ h·ft·°F	2.0 Btu/ h·ft·°F	0.5 Btu/ h·ft·°F	1.0 Btu/ h·ft·°F
4 in. bore ¾ in. U-tube 1 in. U-tube	0.11 (NR) 0.07	-0.05 -0.03	0.14 (NR) 0.09	0.03 0.02	-0.02 -0.02	0.17 (NR) 0.13 (NR)	0.05 0.04
5 in. bore ¾ in. U-tube 1 in. U-tube 1¼ in. U-tube	0.14 (NR) 0.11 (NR) 0.06	-0.06 -0.04 -0.03	0.18 (NR) 0.14 (NR) 0.09	0.04 0.03 0.02	-0.04 -0.02 -0.02	0.21 (NR) 0.16 (NR) 0.12 (NR)	0.06 0.05 0.04
6 in. bore ¾ in. U-tube 1 in. U-tube 1¼ in. U-tube 1½ in. U-tube	0.18 (NR) 0.14 (NR) 0.09 0.07	-0.07 -0.06 -0.04 -0.03	0.21 (NR) 0.17 (NR) 0.12 (NR) 0.09	0.04 0.03 0.03 0.02	-0.05 -0.04 -0.02 -0.02	0.24 (NR) 0.21 (NR) 0.15 (NR) 0.11 (NR)	0.07 0.06 0.05 0.04

(NR) = Not Recommended → For low thermal conductivity grouts, use small bore.

Air Gaps add 0.2 to 0.4 h·ft·°F/Btu to Bore Resistance.

Note: some adjustments are negative, which indicates a thermal enhancement and a lower net thermal resistance compared to natural backfills.

Fig 2.11. Ajustos de resistències tèrmiques.

A continuació l'Eq 2.48 mostra la temperatura a la sortida de l'equip del fluid caloportador:

$$t_{w0} = t_{wi} - \frac{q_{lc} - w_c}{c_p \cdot \rho \cdot m} \quad \text{Eq. 2.48}$$

$t_{w0}$  [°C] = Temperatura del líquid caloportador a la sortida de la bomba de calor.

$t_{wi}$  [°C] = Temperatura del líquid caloportador a l'entrada de la bomba de calor.

$q_{lc}$  [W] = Càrrega de fred de disseny.

$w_c$  [W] = Potència elèctrica consumida per l'equip en cicle de fred.

$c_p$  [kJ/kg°C] = Calor específic del fluid.

$\rho$  [kg/m³] = Densitat del fluid.

$m$  [kg/s] = Cabal del fluid.

A continuació l'Eq 2.49 mostra la calor acumulada en el subsòl:

$$Q_{acum} = \sum \rho \cdot c_p \cdot \pi \cdot L \cdot (r_0^2 - r_1^2) \cdot \Delta t \quad \text{Eq. 2.49}$$

$Q_{acum}$  [kW] = calor acumulat en el subsòl.

$c_p$  [kJ/kg°C] = Calor específic del subsòl.

$\rho$  [kg/m³] = Densitat del subsòl.

$L$  [m] = Longitud del pou.

$r_0$  [m] = Radi exterior del pou.

$r_1$  [m] = Radi interior del pou.

$\Delta t$  [°C] = Variació de la temperatura permanent.

Tenint en compte que es compleix la relació següent;

$$\rho \cdot c_p = k / a \quad \text{Eq. 2.50}$$



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

$\rho$  [kg/m<sup>3</sup>] = Densitat del subsòl.

$c_p$  [kJ/kg°C] = Calor específic del subsòl.

El calor acumulat en el subsòl serà doncs:

$$Q_{acum} = \sum k / a \cdot \pi \cdot L \cdot (r_0^2 - r_1^2) \cdot \Delta t \text{ Eq. 2.51}$$

$Q_{acum}$  [kW] = calor acumulat en el subsòl.

$L$  [m] = Longitud del pou.

$r_0$  [m] = Radi exterior del pou.

$r_1$  [m] = Radi interior del pou.

$\Delta t$  [°C] = Variació de la temperatura permanent.

L'Eq 2.52 mostra l'augment de temperatura en el subsòl.

$$\Delta t_r = \frac{q_a \cdot I(X_a)}{2 \cdot \pi \cdot k_g \cdot L} \text{ Eq. 2.52}$$

$\Delta t_r$  [°C] = Augment de temperatura del subsòl.

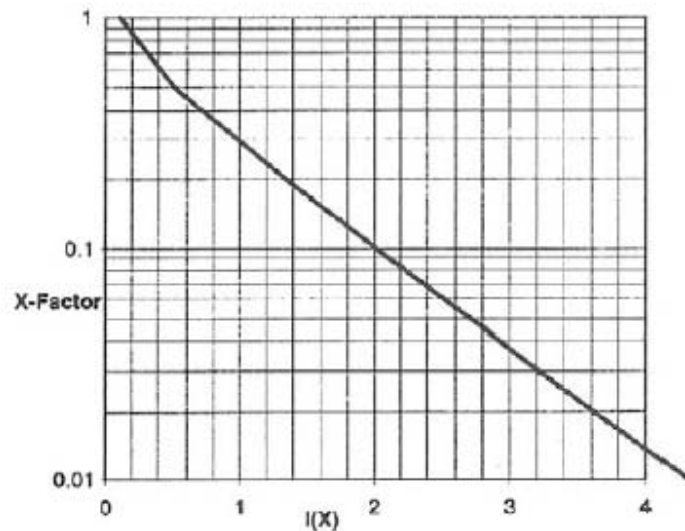
$q_a$  [W] = Potència neta anual transferida al subsòl.

$I$  [-] = Factor que té en compte l'augment de la temperatura del subsòl en funció de la difusivitat del terreny.

$X_a$  [-] = valor per trobar el factor que té en compte l'augment de la temperatura del subsòl en la taula 2.12.

$k_g$  [m°C/W] = Resistència tèrmica del subsòl.

$L$  [m] = Longitud del pou.



**Fig 2.12. Factor de l'augment de temperatura del subsòl.**

$$X = \frac{r}{2\sqrt{\alpha \cdot \tau}} \quad \text{Eq. 2.53}$$

X [-] = valor per trobar el factor que té en compte l'augment de la temperatura del subsòl en la taula 2.12.

r [m] = radi del pou on es calcula l'acumulació de calor.

$\alpha$  [m<sup>2</sup>/dia] = difusivitat tèrmica del subsòl.

$\tau$  [dies] = 3.650+30 (10 anys + 1 mes).

La temperatura final del subsòl és el resultat d'aplicar la següent formula;

$$t_{pl} = \frac{Q_{acum}}{\rho \cdot c_p \cdot d_{sep}^2 \cdot L} \quad \text{Eq. 2.54}$$

t<sub>pl</sub> [°C] = temperatura final del subsòl degut a l'acumulació de calor.



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

$Q_{\text{acum}}$  [W] = Calor acumulat en el subsòl.

$c_p$  [kJ/kg°C] = Calor específic del subsòl.

$\rho$  [kg/m<sup>3</sup>] = Densitat del subsòl.

$d$  [m<sup>2</sup>] = Separació entre pous.

$L$  [m] = Longitud del cilindre.

Donat que els pous en estudi formen una matriu de pous cal corregir l'efecte de l'influència entre ells. Per tant la temperatura final del subsòl la dona l'Eq 2.55.

$$t_p = \frac{1 \cdot N_4 + 5 \cdot N_3 + 25 \cdot N_2 + 0,1 \cdot N_1}{N} \cdot t_{pl} \quad \text{Eq. 2.55}$$

$t_p$  [-] = Factor de correcció en funció de la matriu de pous.

$N_4$  = N° de pous rodejats per 4 pous.

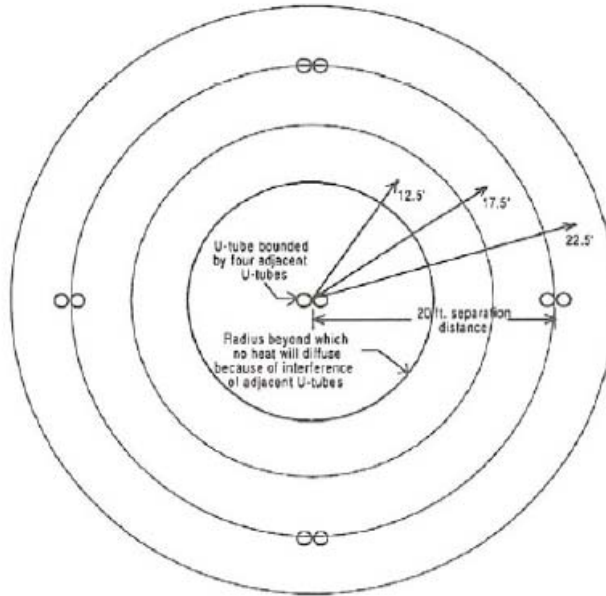
$N_3$  = N° de pous rodejats per 3 pous.

$N_2$  = N° de pous rodejats per 2 pous.

$N_1$  = N° de pous rodejats per 1 pous.

$N$  = N° de pous totals.

$t_{pl}$  [°C] = temperatura final del subsòl degut a l'acumulació de calor.



**Fig 2.13. Representació dels cilindres per emmagatzematge de calor**

El càlcul de flux d'aigua dels sistemes tancats es pot veure a l'Eq 2.56 i l'Eq 2.57.

$$\Delta T = \frac{q_{lc}}{4,18 \cdot Q_{bl}} \cdot \frac{COP + 1}{COP} \quad \text{Eq. 2.56}$$

$$\Delta T = \frac{q_h}{4,18 \cdot Q_{bl}} \cdot \frac{COP - 1}{COP} \quad \text{Eq. 2.57}$$

$\Delta T$  [L/s] = Flux d'aigua en un sistema tancat.

$Q$  [L/s] = Cabal (normalment 200 L/s).

$q$  [kW] = Necessitats tèrmiques.

$T_{ewt}$  [°C] = Temperatura d'entrada a l'equip a determinar per un COP desitjat.

$$T_{lwbl} = T_{ewbl} - \Delta T \quad \text{Eq. 2.58}$$

$$T_{lwbl} = T_{ewbl} + \Delta T \quad \text{Eq. 2.59}$$

El càlcul de consum de les bombes de recirculació es mostra a l'Eq 2.60.



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

$$P = \frac{m \cdot \Delta P}{\rho} \text{ Eq. 2.60}$$

P [kW] = Potència.

m [kg/s] = Cabal.

$\Delta P$  [kPa] = Pressió de treball de la bomba de recirculació.

$\rho$  [kg/m<sup>3</sup>] = Densitat del fluid de treball (per aigua = 1000 kg/m<sup>3</sup> aprox.)

$$P_{st} = P / (0.85 - 0.8) \text{ Eq. 2.61}$$

L'eq 2.62 mostra el càlcul de flux d'aigua en mode refrigeració per sistemes oberts i l'Eq 2.63 pel mode calefacció.

$$Q_c = \frac{q_{lc}}{4,18 \cdot (T_{gw0} - T_{gw1})} \cdot \frac{COP + 1}{COP} \text{ Eq. 2.62}$$

$$Q_h = \frac{q_h}{4,18 \cdot (T_{gw1} - T_{gw0})} \cdot \frac{COP - 1}{COP} \text{ Eq. 2.63}$$

Q [L/s] = cabal.

q [W] = Necessitats tèrmiques

T<sub>gw0</sub> [°C] = Temperatura de l' aigua del subsòl.

T<sub>gwi</sub> [°C] = Temperatura de sortida del bescanviador d'aigua al subsòl

T<sub>ewt</sub> [°C] = Temperatura d'entrada a l'equip a determinar per un COP desitjat.

A continuació és mostra el càlcul de l'àrea del bescanviador.

$$A = \frac{q}{U \cdot C_f \cdot LMTD} \text{ Eq. 2.64}$$

A [m<sup>2</sup>] = Àrea bescanviador.

$q$  [W] = calor cedit o absorbit de l'aigua del subsòl.

$U$  [kW/°C·m<sup>2</sup>] = prestacions de l'intercanviador de calor.

$C_f$  [-] = factor de correcció LMTD entre 0.95 i 1.

LMTD [°C] = Mitja temperatures entrada i sortida al bescanviador

$$LMTD = \frac{(T_{lwb} - T_{twgw}) - (T_{elb} - T_{twgw})}{\ln \frac{(T_{lwb} - T_{wgl})}{(T_{ewb} - T_{twgw})}} \quad \text{Eq. 2.65}$$

LMTD [°C] = Mitja temperatures d'entrada i sortida al bescanviador.

$T_{lwb}$  [°C] = Temperatura de sortida del equip.

$T_{lwgw}$  [°C] = Temperatura de sortida del bescanviador d'aigua al subsòl.

$T_{ewb}$  [°C] = Temperatura d'entrada a l'equip.

$T_{ewgw}$  [°C] = Temperatura d'entrada de l'aigua del subsòl al bescanviador.

$$\Delta T = \frac{q_{lc}}{4,18 \cdot Q_{bl}} \cdot \frac{COP + 1}{COP} \quad \text{Eq. 2.66}$$

$$\Delta T = \frac{q_h}{4,18 \cdot Q_{bl}} \cdot \frac{COP - 1}{COP} \quad \text{Eq. 2.67}$$

$$T_{lwb} = T_{ewb} - \Delta T \quad \text{Eq. 2.68}$$

$$T_{lwb} = T_{ewb} + \Delta T \quad \text{Eq. 2.69}$$

$\Delta T$  [L/s] = Flux d'aigua en un sistema tancat.

$q$  [W] = Necessitats tèrmiques.

$Q$  [L/s] = cabal.

$T_{lwb}$  [°C] = Temperatura sortida equip.

$T_{ewb}$  [°C] = Temperatura entrada equip.

Per calcular la pressió nominal de la bomba submergida s'utilitza l'Eq 2.70.





Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

$$TDH = h_{pou} + h_{fc} + h_{fb} + h_{fi} \text{ Eq. 2.70}$$

TDH [m] = altura total dinàmica del pou.

$h_{pou}$  [m] = distància vertical entre el nivell dinàmic de l'aigua i la superfície del sòl.

$h_{fc}$  [m] = altura deguda a les pèrdues per fricció en la columna del pou.

$h_{fb}$  [m] = altura deguda a les pèrdues per fricció en el circuit hidràulic entre la columna i el bescanviador incloent aquest.

$h_{fi}$  [m] = altura deguda a les pèrdues per fricció en el circuit hidràulic entre el bescanviador i la columna d'injecció.

### 2.8.2. Càlcul simplificat de la longitud del bescanviador de calor terra – aigua

Degut a que els càlculs anteriors són els càlculs teòrics i són molt complexos s'ha optat per utilitzar el mètode simplificat que també és una bona aproximació a la realitat.

#### -Circuit vertical

A continuació es mostra la fórmula corresponent per calcular la longitud del pou per un sistema vertical, la longitud varia segons si la instal·lació està pensada per calefacció o per climatització.

$$L_c = \frac{0,05105 \cdot E_c}{t_{ewt\max} - t_g} \text{ Eq. 2.71}$$

$$L_h = \frac{0,05506 \cdot E_h}{t_g - t_{ewt\min}} \text{ Eq. 2.72}$$

$L_c$  [m] = Longitud total bescanviador per cicle de fred.

$E_c$  [MJ] = Energia tèrmica anual injectada al subsòl.

$T_{ewt\max}$  [°C] = Temperatura d'entrada equip màxima.

$L_h$  [m] = Longitud total bescanviador per cicle de calor.



$E_h$  [MJ] = Energia tèrmica anual sostreta al subsòl.

$T_{ewtmin}$  [°C] = Temperatura d'entrada equip mínima.

$T_g$  [°C] = Temperatura del subsòl.

### - Circuit horitzontal

Si el bescanviador geotèrmic és horitzontal la longitud pel mode de refrescamnet s'extreu de l'Eq 2.73 i de l'Eq 2.74 pel mode calefacció.

$$L_c = \frac{q_{lc} \cdot \frac{COP + 1}{COP} \cdot (51 + R_s \cdot PLFM_c)}{t_{ewtmax} - t_g} \quad \text{Eq. 2.73} \quad L_h = \frac{q_{lh} \cdot \frac{COP - 1}{COP} \cdot (51 + R_s \cdot PLFM_h)}{t_{gmin} - t_{gwtmin}} \quad \text{Eq. 2.74}$$

$L_c$  [m] = Longitud total bescanviador per cycle de fred.

$q_{lc}$  [kW] = Càrrega de fred de disseny.

$q_{lh}$  [kW] = Càrrega de calor de disseny.

$PLFM$  [-] = Factor de càrrega parcial en el mes de disseny.

$T_{ewtmin}$  [°C] = Temperatura d'entrada equip mínima.

$T_{ewtmax}$  [°C] = Temperatura d'entrada equip màxima.

$T_{gmin}$  [°C] = Temperatura mínima del subsòl.

$T_{gmax}$  [°C] = Temperatura màxima del subsòl.

$R_s$  = Resistència global segons configuració tubs.

Un tub (m <sup>2</sup> °C/kW)	Dos tubs (m <sup>2</sup> °C/kW)	Quatre tubs (m <sup>2</sup> °C/kW)
742	970	1369

**Taula 2.15. Resistència global segons configuració de tubs.**



$$PLFM = \frac{q_{8-12} \cdot 4 + q_{12-16} \cdot 4 + q_{20-8} \cdot 12}{q_{disseny} \cdot 24} \cdot \frac{d_f}{d_m} \quad \text{Eq. 2.75}$$

PLFM [-] = Factor de càrrega parcial en el mes de disseny.

$q_{8-12}$  [kW] = Càrrega prevista entre les 8h-12h del dia de disseny.

$q_{12-16}$  [kW] = Càrrega prevista entre les 12h-16h del dia de disseny.

$q_{16-20}$  [kW] = Càrrega prevista entre les 16h-20h del dia de disseny.

$q_{20-8}$  [kW] = Càrrega prevista entre les 20h-8h del dia de disseny.

$q$  [kW] = Càrrega de disseny.

$d_f$  [dies] = Dies de funcionament del sistema.

$d_m$  [dies] = Dies del mes de disseny.

A la Taula 2.11 s'observa els ratys de longitud dels circuits segons la configuració del sistema horitzontal

Numero de tubs	(m/KW)
1 tub	7.430
2 tubs	8.774
4 tubs	87
6 tubs	104

**Taula 2.16. Longitud circuits segons configuració sistema horitzontal.**

### Circuit obert

Quan el bescanviador és un circuit obert podem calcular el cabal necessari per cobrir les nostres necessitats energètiques.

$$Q_c = \frac{q_{lc}}{4,18 \cdot (T_{0wt} - T_{grw})} \cdot \frac{COP + 1}{COP} \quad \text{Eq. 2.76}$$

$$Q_h = \frac{q_h}{4,18 \cdot (T_{grw} - T_{out})} \cdot \frac{COP - 1}{COP} \quad \text{Eq. 2.77}$$



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

$Q$  [L/s] = cabal.

$q$  [kW] = Necessitats tèrmiques.

$T_{grw}$  [°C] = Temperatura mitja anual de l'aire exterior.

$T_{ewt}$  [°C] = Temperatura d'entrada a l'equip.

$T_{out}$  [°C] = Temperatura de sortida de l'equip.



## 2.9. Càlcul numèric del bescanviador

Per tal de dissenyar la instal·lació del bescanviador es parteix del mètode simplificat, on el valor de l'energia tèrmica anual sostreta al subsòl està extret del programa DpClima, el valor de la temperatura del subsòl està extreta d'estudis geotècnics que diuen que a una profunditat entre 15 i 20 metres l'estabilitat tèrmica és d'uns 17 °C tot l'any i que cada 100 metres augmenta en 3 °C. La temperatura d'entrada mínima s'obté de la taula 2.2 facilitada per Lluïsa F. Cabeza.

$$L_h = \frac{0,05506 \cdot Eh}{t_g - t_{ewt \min}} \text{ Eq. 2.78}$$

Calor Total = 19.468,8 MJ

Temperatura del subsòl a 100m de profunditat =  $17^{\circ}\text{C} + 3 \frac{^{\circ}\text{C}}{100\text{m}} \cdot 80\text{m} = 19,4^{\circ}\text{C}$

Temperatura d'entrada equip mínima = 6 °C

$$L_h = \frac{0,05506 \cdot 19468,8}{19,4 - 6} = 79,99\text{m}$$

La profunditat del bescanviador geotèrmic per a les necessitats energètiques és d'un pou de 80 m de profunditat. Amb aquesta distància serà suficient per aportar un bon confort per la vivenda pèls mesos de fred. A l'hora de refrescar la vivenda farà falta una aportació auxiliar degut a que la demanda d'energia és major, però ja s'havia deixat clar en l'abast del projecte que no és pretenia cobrir la demanda de refrigeració.



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

## **2.10. Seguretat**

### **2.10.1. Ordre i neteja**

L'absència d'ordre i neteja pot produir caigudes al mateix i diferent nivell, cops contra objecte, punxades, etc. Una correcta distribució dels elements i una bona neteja ajuden a prevenir possibles riscos.

### **2.10.2. Transport manual**

Sempre que sigui possible s'evitarà el transport manual de les càrregues, utilitzant equips de treball com màquines o mitjans auxiliars. És important, a l'hora de transportar càrregues, fer-ho de manera ergonòmicament correcta per tal d'evitar possibles lesions.

### **2.10.3. Eines manuals**

A l'utilitzar eines manuals s'ha de fer un ús correcte d'aquestes i utilitzar equips de protecció personal si és necessari. És important també fer un manteniment periòdic de les diferents eines per tal de que funcionin de manera correcta.

### **2.10.4. Manipulació de fluids**

Quan es manipulin fluids com el propilenglicol cal adoptar les mesures adients en quan a protecció personal (ulls, mans, etc) per tal d'evitar que puguin tenir algun efecte sobre la salut de la persona que ho manipula, com irritació en ulls o mans, ingestió, o inhalació.



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

## 3. PLÀNOLS



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

### **Índex dels plànols**

- Plànol 1. Situació i emplaçament..
- Plànol 2. Descripció de la parcel·la.
- Plànol 3. Distribució de la vivenda de la planta baixa.
- Plànol 4. Distribució de la vivenda de la primera planta.
- Plànol 5. Cotes vivenda de la planta baixa.
- Plànol 6. Cotes vivenda de la primera planta.
- Plànol 7. Secció alçat de la vivenda.
- Plànol 8. Situació bescanviador.
- Plànol 9. Distribució del terra radiant planta baixa.
- Plànol 10. Distribució del terra radiant primera planta.
- Plànol 11. Bescanviador geotèrmic.
- Plànol 12. Diagrama circuit secundari.





Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

## 4. PLEC CONDICIONS



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

### **Índex del plec de condicions**

4.	PLEC CONDICIONS.....	185
	Índex del plec de condicions .....	186
4.1.	CONDICIONS GENERALS.....	187
4.1.1.	Interpretació del plec .....	187
4.1.2.	Objecte del plec .....	187
4.1.3.	Normativa .....	187
4.2.	REQUISITS.....	189
4.2.1.	Requisits de la instal·lació d'energia geotèrmica .....	189
4.2.2.	Requisits del terra radiant .....	194
4.3.	Fulls d'especificacions .....	199



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

## **4.1. CONDICIONS GENERALS**

### **4.1.1. Interpretació del plec**

El present plec pretén unificar criteris i establir normes definides a les obres i processos que es realitzaran al present projecte. S'establiran els criteris que s'han d'aplicar durant l'execució del projecte, també s'hauran de fixar les característiques i assaigs dels materials a utilitzar, les normes que s'han de seguir per l'execució de les diferents parts del projecte, les formes de mesura i la garantia.

### **4.1.2. Objecte del plec**

El plec inclou les prescripcions tècniques que han de regir l'execució del projecte, així com les condicions facultatives, econòmiques i legals. Seran objecte d'estudi tots els processos inclosos al pressupost, incloent tots els oficis i materials utilitzats per l'execució del projecte.

### **4.1.3. Normativa**

Les instal·lacions projectades han de complir les normes i reglaments que es descriuen a continuació, i a més, la reglamentació vigent en el moment de la realització de l'obra.

- UNE 100030 IN *Guía para la prevención y control de la proliferación de legionela en instalaciones.*
- Código Técnico de la Edificación (CTE)



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

- Normas básicas para las Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) i les seves Instrucciones Técnicas Complementarias.
- UNE 100151:1988 climatización. Pruebas de estanqueidad de redes de tuberías.



## 4.2. REQUISITS

### 4.2.1. Requisits de la instal·lació d'energia geotèrmica

El procés de posta en marxa de la instal·lació és de gran importància per a garantir un eficient aprofitament de l'energia geotèrmica produïda, així com una llarga vida útil als elements que la componen.

En primer lloc, una vegada acabada la instal·lació, es procedeix a l'ompliment dels circuits. S'omple la instal·lació amb la pressió de l'aigua de la xarxa, introduint en el circuit el líquid anticongelant.

L'usuari de la instal·lació ha de participar activament en les tasques de manteniment. Per aquest motiu és necessari que conegui els diferents components de la mateixa, per tal de detectar problemes de funcionament.

Els equips que garanteixen el bon funcionament de la instal·lació per les sobrepressions originades per les altes temperatures són les vàlvules de seguretat i el vas d'expansió. És recomanable verificar el bon estat d'aquestes, així com el correcte funcionament del vas, per la qual cosa s'han de comprovar els nivells de pressió al circuit i a la cambra de gas del vas d'expansió.

#### **Bomba de calor**

Les bombes de calor aigua-aigua requereixen el mínim manteniment per al seu funcionament al no disposar per al seu treball de cremadors, xemeneies, combustibles, així com de refrigerants i olis al llarg de la instal·lació, etc.

Al no precisar per al manteniment de personal altament qualificat i, en general, d'elements exclusius per al funcionament, el seu manteniment és ràpid i econòmic. Donada la seva senzillesa i compatibilitat amb tot tipus de generadors, controls i elements terminals de qualsevol tipus, les modificacions, ampliacions, reformes, etc. de les instal·lacions no presenten els problemes que originen altres sistemes.



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

És necessari mantenir una distància mínima de 150 mm entre l'equip i les parets que l'envolten posteriorment i lateralment. En la part davantera, on hi ha el ventilador, cal deixar un mínim de 1.000 mm de separació entre l'equip i la paret. Aquests marges són necessaris per poder realitzar les operacions de manteniment en condicions adients, a més de permetre el correcte funcionament de l'aparell.

S'hauran de preveure tots els accesoris indispensables als circuits hidràulics (vas d'expansió, purgadors d'aire, vàlvula de seguretat, vàlvules de tall, etc) i revisar que estiguin en correcte estat.

És necessari instal·lar connexions flexibles entre l'equip i les canonades, a fi d'eliminar la transmissió de vibracions a través d'aquestes i evitar així danys i esforços en l'equip o canonades a l'estar muntada la unitat sobre bancada o suports antivibratoris.

Cal instal·lar, així mateix, un filtre a l'escomesa hidràulica de l'equip (per a partícules de 0-1 mm), per evitar l'embrutiment del bescanviador de plaques, que perdria eficiència tèrmica.

És imperatiu respectar el sentit de circulació de l'aigua assenyalat en l'equip o en els esquemes d'instal·lació.

S'ha de preveure la protecció de la instal·lació contra congelació quan la temperatura exterior sigui baixa i l'equip no funcioni: aïllament de canonades, aigua amb anticongelant, buidat de la instal·lació, etc.

### **Fluid de treball**

Com a fluid de treball en el circuit primari s'utilitzarà aigua de la xarxa amb additius, per tal d'evitar la seva congelació degut a les baixes temperatures.

La utilització d'altres fluids tèrmics requerirà incloure la seva composició i calor específic en la documentació del sistema i la certificació favorable d'un laboratori acreditat.



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

En qualsevol cas el pH a 20 °C del fluid de treball estarà comprès entre 5 i 9, i el contingut en sals s'ajustarà als assenyalats en els punts següents:

- a) La salinitat de l'aigua del circuit primari no excedirà de 500 mg/L totals de sals solubles. En el cas de no disposar d'aquest valor es prendrà el de conductivitat com a variable limitant, no sobrepassant els 650  $\mu S / cm$ .
- b) El contingut en sals de calci no excedirà de 200 mg/L expressats com a contingut en carbonat càlcic.
- c) El límit de diòxid de carboni lliure contingut en l'aigua no excedirà de 50 mg/L.

El disseny dels circuits evitarà qualsevol tipus de barreja dels diferents fluids que poden operar en la instal·lació. En particular, es prestarà especial atenció a una eventual contaminació de l'aigua potable pel fluid del circuit primari.

Per a aplicacions en processos industrials, refrigeració o calefacció, les característiques de l'aigua exigides per a aquest procés no sofriran cap tipus de modificació que pugui afectar al mateix.

### **Protecció contra les gelades**

El fabricant, subministrador final, instal·lador, o dissenyador del sistema haurà de fixar la mínima temperatura permesa en el sistema. Totes les parts del sistema que estiguin exposades a l'exterior hauran de ser capaces de suportar la temperatura especificada sense danys permanents en el sistema.

Qualsevol component que vagi a ser instal·lat en l'interior d'un recinte on la temperatura pugui caure per sota dels 0 °C haurà d'estar protegit contra gelades.

El fabricant haurà de descriure el mètode de protecció anti-gelades utilitzat pel sistema. A efectes d'aquest document, com a sistemes de protecció anti-gelades s'utilitzarà les barreges anticongelants.



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

Com barreges anticongelants es podran utilitzar els productes, sols o barrejats amb aigua, que compleixin la reglamentació vigent i que tinguin el seu punt de congelació inferior a 0 °C. En tot cas, el seu calor específic no serà inferior a 3 kJ/(kg·K), equivalents a 0,7 kcal/(kg·°C).

S'hauran de prendre precaucions per prevenir possibles deterioraments del fluid anticongelant com a resultat de condicions de temperatures elevades. Aquestes precaucions hauran de ser comprovades d'acord amb UNE-EN-12976-2.

La instal·lació disposarà dels sistemes necessaris per tal de facilitar l'ompliment de la mateixa i per a assegurar que l'anticongelant queda perfectament mesclat.

Es convenient que es disposi d'un dipòsit auxiliar per a reposar les pèrdues que es puguin donar del fluid en el circuit, de forma que mai s'utilitzi un fluid per a la reposició que tingui unes característiques que incompleixin el Plec. En qualsevol cas, el sistema d'ompliment no permetrà les pèrdues de concentració produïdes per fuites del circuit i resoltes amb reposició de l'aigua de xarxa.

### **Canonades**

Amb l'objectiu d'evitar pèrdues tèrmiques, la longitud de les canonades haurà de ser tant curta com sigui possible, evitant al màxim els colzes i pèrdues de càrrega en general.

El disseny i els materials hauran de ser tals que no existeixi possibilitat de formació d'obturacions de cal en els seus circuits que influeixin dràsticament en el rendiment del sistema.

En el cas que el bescanviador geotèrmic estigui format per més d'un pou la longitud de les canonades ha de ser igual en tots els pous.

### **Bombes de circulació**

Si el circuit primari està dotat amb una bomba de circulació, la caiguda de pressió s'haurà de mantenir acceptablement baixa en tot el circuit.





Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

Sempre que sigui possible, les bombes en línia es muntaran en les zones més fredes del circuit, tenint en compte que no es produeixi cap tipus de cavitació i sempre amb l'eix de rotació en posició horitzontal.

Les canonades connectades a les bombes es suportaran en les immediacions d'aquestes, de forma que no provoquin esforços recíprocs de torsió o flexió. El diàmetre d'acoblament no podrà ser mai inferior al diàmetre de la boca d'aspiració de la bomba.

### **Vasos d'expansió**

Els vasos d'expansió preferentment es connectaran en l'aspiració de la bomba. Quan no es compleixi el punt anterior l'altura en la que es situaran els vasos d'expansió oberts serà tal que assegurí el no desbordament del fluid i la no introducció d'aire en el circuit primari.

### **Purga d'aire**

En els punts alts i en tots aquells punts de la instal·lació on pugui quedar aire acumulat, es col·locaran sistemes de purga constituïts per ampolles de desaireació i purgador manual o automàtic. El volum útil de l'ampolla serà superior a 100 cm<sup>3</sup>.

### **Sistema de control**

El disseny dels sistema de control assegurarà el correcte funcionament de les instal·lacions, procurant obtenir un bon aprofitament de l'energia geotèrmica captada i assegurant un ús adequat de la bomba de calor. El sistema de regulació i control compren els següents sistemes:

- Control del funcionament del circuit primari i secundari.
- Sistemes de protecció i seguretat de les instal·lacions contra sobreescalfaments, gelades, etc...

El sistema de control assegurarà que en cap cas s'arribin a temperatures superiors a les màximes suportades pels materials, components i tractaments dels circuits. També



assegurarà que en cap cas la temperatura del fluid de treball descendeixi per sota d'una temperatura tres graus superior a la de congelació del fluid.

Les sondes de temperatura per al control diferencial es col·locaran en la sortida dels bescanviadors, de forma que representin la màxima temperatura del circuit de captació.

#### **4.2.2. Requisits del terra radiant**

L'instal·lador, abans de començar el muntatge, s'ha d'assegurar de què tots els envans estiguin aixecats ja que són ells els què han de delimitar els circuits. A conseqüència d'això, la xarxa de desguassos ha d'estar acabada ja que aquests queden per sota del terra radiant.

Per evitar possible gelades de l'aigua continguda en els circuits, es recomanable realitzar el muntatge quan les portes i les finestres estiguin col·locades. Per a més seguretat, es recomana afegir un anticongelant a l'aigua d'ompliment dels circuits en zones extremadament fredes.

#### **Ubicació dels distribuïdors**

Els distribuïdors es situen sempre a un nivell més alt que els circuits que alimenten per així poder purgar-los. Del contrari, l'aire contingut en les canonades seria impossible d'eliminar i dificultaria la circulació de l'aigua.

En general, es col·loquen els distribuïdors a una altura de 70 cm aproximadament des del forjat. D'aquesta manera, es respecten els radis de curvatura dels tubs i es garanteix l'estanqueïtat de l'adaptador per tub de polietilè reticulat.

Prèviament a la col·locació del panell aïllant, s'instal·larà la banda perimetral en tot el perímetre de les dependències utilitzant els envans com a suport fins que es col·loquin els



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

panells aïllants que la subjectaran. A més, s'han de rodejar amb una banda perimetral les columnes que es puguin trobar, així com altres obstacles com canonades de desguàs.

### **Distribució dels tubs**

És necessari el plànol de muntatge a l'hora d'instal·lar el tub ja que indica la posició dels distribuïdors i el recorregut dels circuits. Per enllaçar els circuits de les diferents dependències amb els distribuïdors, és convenient passar els tubs pels passadissos aprofitant així per calefactar els mateixos.

És indispensable respectar un ordre per distribuir el recorregut dels circuits cap a les dependències amb la finalitat d'evitar que es creuin els tubs. La forma més fàcil és connectar el circuit de la dependència que queda més cap a l'esquerra a la clau més a l'esquerra del distribuïdor i així successivament fins arribar a la clau de més a la dreta.

Els tubs que surten del terra o que travessin murs o envans han d'anar sempre protegits per una funda de canonada corrugada. En la mesura del possible, els tubs de cada dependència han d'entrar i sortir per l'espai dels marcs de les portes. En tot cas, s'ha d'evitar una concentració excessiva de tubs al terra per prevenir un sobreescalfament i no superar la temperatura superficial permesa de 29°C.

Seguint les prescripcions del projecte de Norma Europea per al càlcul i muntatge d'una instal·lació de terra radiant, s'ha d'assegurar de què els tubs i el seu sistema de fixació quedin posicionats tant vertical com horitzontalment segons el previst en el projecte de la instal·lació. Segons diu el projecte de Norma Europea, "la variació de la posició vertical cap a dalt dels tubs abans i després d'enterrar-los al morter no han de ser superior a 5 mm i això en qualsevol punt del circuit. La variació del pas entre tubs no ha de ser superior a  $\pm 10$  mm a l'altura dels punts de fixació" (aquestes prescripcions no són aplicables en les corbes). El pas entre tubs ve determinat pel projecte de la instal·lació de terra radiant.

Per instal·lar els tubs de terra radiant seran necessaris dos operaris. El primer operari desenrotlla el tub mentre que el segon operari ho fixa al panell aïllant. La bobina de tub ha



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

de ser desenrotllat de forma regular, al sentit invers de l'enrotllament, començant sempre a partir de l'exterior de la bobina. Mitjançant l'adaptador del distribuïdor, es connecta l'extrem de la bobina a la primera toma del distribuïdor d'anada. Es desenrotlla el tub cap a la dependència i allà es distribueix segons l'esquema indicat al plànol de muntatge. El retorn al distribuïdor s'ha de fer en paral·lel al tub d'anada. Es talla llavors el tub sobrant amb un tall net. Amb l'adaptador del distribuïdor es connecta el tub al distribuïdor de retorn. Es procedeix així successivament per a la resta de circuits.

### **Proba de pressió**

Aquesta prova és molt important ja que de ser satisfactòria elimina per complet el risc de fugues als circuits.

El projecte de Norma Europea exigeix per a les instal·lacions de terra radiant que els tubs siguin probats a una pressió de prova de  $6 \text{ kg/cm}^2$  abans de ser recoberts. Aquesta pressió s'ha de mantenir durant 24 hores. Si passat aquest temps la pressió no ha baixat, es dona la prova com a satisfactòria. Del contrari, significa que existeix en algun punt de la instal·lació una fuga d'aigua que s'haurà de reparar. També s'ha de deixar el tub a pressió durant l'operació de formigonat per controlar l'aparició de possibles danys al tub i permetre la posterior dilatació del mateix. No s'ha d'oblidar indicar a l'instal·lador que ha d'afegir l'additiu fluïdificant al ciment en la proporció d'un 1,5% del pes ciment (30 litres per  $125 \text{ m}^2$  de superfície calefactada o dit d'una altra manera, 0,75 litres d'additiu per cada sac de 50 kg de ciment).

Una lleugera caiguda de pressió al principi de la prova pot ser deguda a la dilatació del tub o a canvis importants de temperatura però si no existeixen fugues d'aigua la pressió s'estabilitzarà passades unes hores.

Per a fer la prova hidràulica, s'ha de disposar d'una bomba de fontaner que incorpora un manòmetre i un dipòsit d'uns 20 litres el qual permet omplir d'aigua la instal·lació a la pressió indicada. Queden exclosos d'aquesta prova la caldera, les bombes de circulació, i



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

els vasos d'expansió per prevenir un deteriorament dels mateixos degut a un excés de pressió.

La realització de la llosa de morter requereix unes condicions concretes especificades en el projecte de Norma Europea de terra radiant:

- La temperatura ambient no ha de ser inferior a 5°C durant un mínim de 3 dies a partir del moment del formigonat
- S'evitaran els excessos de calor així com les corrents d'aire a fi de limitar el màxim possible les contraccions del morter durant l'assecat.

### **Posta en marxa**

Abans de fer la posta en marxa, es buidaran les canonades generals per netejar-les de possibles residus. A continuació, es torna a omplir la instal·lació des de l'aixeta d'ompliment fins a arribar a la pressió desitjada (1,5-2 kg/cm<sup>2</sup>).

Posant en marxa la bomba de circulació, es procedeix a purgar els circuits mitjançant els purgadors incorporats als distribuïdors (la purga es fa automàticament si els distribuïdors munten purgadors automàtics). La instal·lació ja està llavors preparada per posar-la en marxa.

La pujada de temperatura es fa de manera suau i progressiva especialment si es fa durant el període d'enduriment del formigó que dura aproximadament un mes. Al respecte, el projecte de Norma Europea de terra radiant estableix que l'operació de posta en marxa no es realitzarà fins que hagin passat 21 dies després del formigonat. A més, la primera posta en marxa es realitzarà amb un fluid a una temperatura de 25°C mantinguda almenys durant 3 dies. Seguidament s'aconseguirà la temperatura màxima de servei i es mantindrà aquesta durant almenys 4 dies.

A falta d'especificacions per part dels fabricants de paviments s'aplicaran les recomanacions detallades a continuació:



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

- Parquet. Els parquets amb una humitat variable i elevada (superior al 12%) s'han d'acondicionar, emmagatzemant-los en l'habitació calefactada durant 7 dies.

Els parquets que tinguin una humitat del 7% al 12% s'han d'instal·lar immediatament després de treure'ls del seu embalatge original.

En qualsevol tipus de parquet, la calefacció estarà apagada durant la col·locació.

- Revestiments tèxtils i plàstics (moqueta, etc...). S'interromp la calefacció 48 hores abans d'aplicar la cola i es manté així fins 48 hores després de la col·locació.
- Revestiments tipus gres, terratzo, o marbre. S'interromp la calefacció durant tota l'operació de col·locació i durant els 7 dies següents.

Tot i que s'afegeix al morter l'additiu fluidificant que és reductor d'aigua també (disminueix la segregació i exsudació d'aigua) és freqüent que durant les primers dies de funcionament es desprengui una quantitat important d'humitat. Per pal·liar aquest fenòmen, és necessari ventilar holgadamente la dependència.

### **Equilibrat hidràulic**

L'aigua, com tots els fluids, tendeix a circular pels circuits que ofereixen una menor resistència (circuits més curts). En una instal·lació, el resultat seria que els circuits més curts estarien més sobreescalfats mentre que els més llargs no s'escalfarien prou.

L'equilibrat hidràulic consisteix en igualar les pèrdues de càrrega dels circuits entre si. A l'igualar les pèrdues de càrrega, aconseguirem que cada circuit rebi exactament el cabal d'aigua que hem calculat com a necessari per aconseguir una determinada potència calorífica. Aquesta operació, que es realitza manipulant el capçal dels detentors, és molt important ja que d'ella depèn el bon funcionament del terra radiant.



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

### **4.3. Fulls d'especificacions**

En aquest apartat del plec de condicions s'estableixen les especificacions dels elements constitutius principals de la instal·lació del projecte. A continuació es llisten els elements:

<b>NOM:</b> Bomba de calor	<b>MARCA:</b> Ciatesa
<b>CODI:</b>	<b>MODEL:</b> Àurea2 30H
<b>FUNCIÓ:</b> proporcionar aigua calenta a l'hivern i freda a l'estiu per al sistema de climatització.	
<b>DADES TÈCNIQUES:</b> Inclou bomba de circulació i vas expansió Alimentació: 230 V 50 Hz Potència frigorífica: 6.900 W Potència absorbida: 2.100 W EER: 3,28 Potència calorífica: 9.400 W Potència absorbida: 2.000 W COP: 4,70 Refrigerant: R 410 A Compressor: Scroll Nivell de pressió sonora: 34 dB(A) Pes: 135 kg.	<b>ESQUEMA/IMATGE</b> 
<b>DIMENSIONS:</b> Longitud: 650 mm Alçada: 1.230 mm Amplada: 695 mm	

**Taula 4.1. Característiques bomba calor**





Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica




Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

<b>NOM:</b> Sonda de temperatura	<b>MARCA:</b> RESOL
<b>CODI:</b>	<b>MODEL:</b> T28
<b>FUNCIÓ:</b> Mesurar la temperatura al punt on està instal·lat	
<b>DADES TÈCNIQUES:</b> Tipus de sensor: PT100 Model del sensor: FKP 5,5 Temperatures de mesura: de $-10^{\circ}\text{C}$ a $150^{\circ}\text{C}$	<b>ESQUEMA/IMATGE</b> 

**Taula 4.2. Característiques sonda de temperatura**

<b>NOM:</b> Purgador automàtic	<b>MARCA:</b> VOSS
<b>CODI:</b>	<b>MODEL:</b> Purg-O-Mat
<b>FUNCIÓ:</b> Eliminar l'aire de la instal·lació	
<b>DADES TÈCNIQUES:</b> Pressió de servei: 10 bar Pressió de prova: 15 bar Temperatura màxima: 110 °C	<b>ESQUEMA/IMATGE</b> 

**Taula 4.3. Característiques purgador automàtic**




Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

<b>NOM:</b> Termòstat digital d'ambient	<b>MARCA:</b> Roca
<b>CODI:</b>	<b>MODEL:</b> TD 100
<b>FUNCIÓ:</b> Proporciona la temperatura interior de la vivenda	
<b>DADES TÈCNIQUES:</b>  Visualització permanent de la temperatura ambient	<b>ESQUEMA/IMATGE</b>  

**Taula 4.4. Característiques termòstat**




Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

<b>NOM:</b> Terra radiant	<b>MARCA:</b> Barbi
<b>FUNCIÓ:</b> Proporcionar calor durant els mesos d'hivern per aconseguir una temperatura confortable dins la vivenda.	
<b>ESQUEMA</b> 	
<b>DESCRIPCIÓ</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Base aïllant</li><li>2. Tub 16/20</li><li>3. Morter</li></ol>	

**Taula 4.5. Característiques terra radiant**




Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

<b>NOM:</b> Distribuïdor del terra radiant	<b>MARCA:</b> BARBI
<b>CODI:</b>	<b>MODEL:</b> KCS1603 (20)
<b>FUNCIÓ:</b> Distribuir l'aigua als diferents circuits del terra radiant	
<b>DADES TÈCNIQUES:</b>  El kit inclou els dos col·lectors amb els seus suports, detentors, 2 vàlvules d'esfera amb termòmetre, aixetes de buidat i purgadors automàtics.  Per a tubs de 16/20  Disposa de 3 sortides	<b>ESQUEMA/IMATGE</b>  
<b>DIMENSIONS:</b>  Longitud: 365 mm	

**Taula 4.6. Característiques distribuïdor**




Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

<b>NOM:</b> Distribuïdor del terra radiant	<b>MARCA:</b> BARBI
<b>CODI:</b>	<b>MODEL:</b> KCS1605 (20)
<b>FUNCIÓ:</b> Distribuir l'aigua als diferents circuits del terra radiant	
<b>DADES TÈCNIQUES:</b>  El kit inclou els dos col·lectors amb els seus suports, detentors, 2 vàlvules d'esfera amb termòmetre, aixetes de buidat i purgadors automàtics.  Per a tubs de 16/20  Disposa de 5 sortides	<b>ESQUEMA/IMATGE</b>  
<b>DIMENSIONS:</b>  Longitud: 465 mm	

**Taula 4.7. Característiques distribuïdor**



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

<b>NOM:</b> Caixa per al distribuïdor del terra radiant	<b>MARCA:</b> BARBI
<b>CODI:</b>	<b>MODEL:</b> CMC0400
<b>FUNCIÓ:</b> Contenir els col·lectors del distribuïdor del terra radiant	
<b>DADES TÈCNIQUES:</b> Caixa metàl·lica Per a col·lectors de 1 1/4" Tapa de tancament de seguretat Fins a 3 sortides del col·lector	<b>ESQUEMA/IMATGE</b> 
<b>DIMENSIONS:</b> Longitud: 600 mm Alçada: 400 mm Amplada: 110 mm	

**Taula 4.8. Característiques caixa del distribuïdor**



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

<b>NOM:</b> Caixa per al distribuïdor del terra radiant	<b>MARCA:</b> BARBI
<b>CODI:</b>	<b>MODEL:</b> CMC0600
<b>FUNCIÓ:</b> Contenir els col·lectors del distribuïdor del terra radiant	
<b>DADES TÈCNIQUES:</b> Caixa metàl·lica Per a col·lectors de 1 1/4" Tapa de tancament de seguretat Fins a 6 sortides del col·lector	<b>ESQUEMA/IMATGE</b> 
<b>DIMENSIONS:</b> Longitud: 600 mm Alçada: 600 mm Amplada: 110 mm	

**Taula 4.9. Característiques caixa del distribuïdor**






Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica

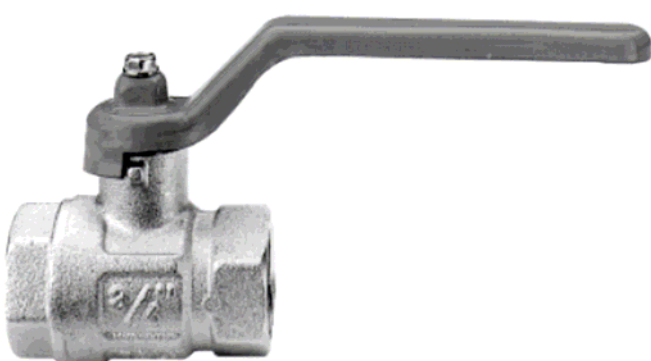
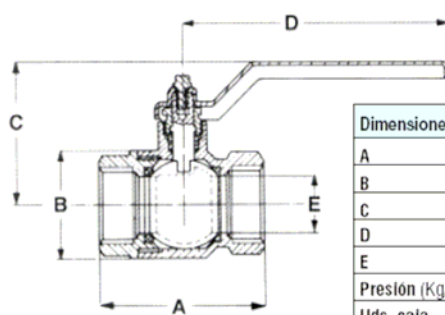


Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

<b>NOM:</b> Centraleta de regulació	<b>MARCA:</b> Honeywell
<b>CODI:</b> CR-1	<b>MODEL:</b> CM67RFGN
<b>FUNCIÓ:</b> Controlar i regular la instal·lació a partir de les dades rebudes de les sondes	
<b>DADES TÈCNIQUES:</b> Nombre d'entrades: 10 Nombre de sortides: 6 Alimentació: 230 V / 50 Hz Muntatge: mural	<b>ESQUEMA/IMATGE</b> 

**Taula 4.10. Característiques centraleta regulació**

<b>NOM:</b> Vàlvula de bola	<b>MARCA:</b> Salvador Escoda																																																																																																
<b>CODI:</b> de VT-1 a VT-10	<b>MODEL:</b> 1'' , 1 ¼''																																																																																																
<b>FUNCIÓ:</b> Interrompre de forma manual el pas dels fluids per diferents trams del circuit																																																																																																	
<b>DADES TÈCNIQUES:</b>  Temperatura de treball: de 0 °C a 150 °C  Temperatura ambient de treball: de -10 °C a 150 °C	<b>ESQUEMA/IMATGE</b>  																																																																																																
<b>DIMENSIONS:</b>  <div><table><tr><th>Dimensiones</th><th>1/4"</th><th>3/8"</th><th>1/2"</th><th>3/4"</th><th>1"</th><th>1-1/4"</th><th>1-1/2"</th><th>2"</th><th>2-1/2"</th><th>3"</th><th>4"</th></tr><tr><td>A (mm)</td><td>44,4</td><td>44,4</td><td>48</td><td>53</td><td>66</td><td>80,5</td><td>94</td><td>112,5</td><td>134</td><td>156</td><td>190</td></tr><tr><td>B (mm)</td><td>23,5</td><td>24</td><td>29</td><td>36</td><td>43</td><td>57</td><td>70</td><td>84</td><td>110</td><td>131</td><td>164</td></tr><tr><td>C (mm)</td><td>37</td><td>37</td><td>39,5</td><td>54</td><td>57,5</td><td>74,5</td><td>80,5</td><td>96,5</td><td>117</td><td>129</td><td>143</td></tr><tr><td>D (mm)</td><td>80</td><td>80</td><td>80</td><td>113</td><td>113</td><td>137,5</td><td>137,5</td><td>157</td><td>197</td><td>250</td><td>250</td></tr><tr><td>E (mm)</td><td>10</td><td>10</td><td>14</td><td>18,5</td><td>23,5</td><td>32</td><td>40</td><td>50</td><td>65</td><td>80</td><td>100</td></tr><tr><td>Presión (Kg/cm²)</td><td>50</td><td>50</td><td>30</td><td>30</td><td>30</td><td>30</td><td>30</td><td>25</td><td>18</td><td>16</td><td>14</td></tr><tr><td>Uds. caja</td><td>12</td><td>12</td><td>15</td><td>8</td><td>8</td><td>4</td><td>2</td><td>2</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table></div>		Dimensiones	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1-1/4"	1-1/2"	2"	2-1/2"	3"	4"	A (mm)	44,4	44,4	48	53	66	80,5	94	112,5	134	156	190	B (mm)	23,5	24	29	36	43	57	70	84	110	131	164	C (mm)	37	37	39,5	54	57,5	74,5	80,5	96,5	117	129	143	D (mm)	80	80	80	113	113	137,5	137,5	157	197	250	250	E (mm)	10	10	14	18,5	23,5	32	40	50	65	80	100	Presión (Kg/cm²)	50	50	30	30	30	30	30	25	18	16	14	Uds. caja	12	12	15	8	8	4	2	2	1	1	1
Dimensiones	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1-1/4"	1-1/2"	2"	2-1/2"	3"	4"																																																																																						
A (mm)	44,4	44,4	48	53	66	80,5	94	112,5	134	156	190																																																																																						
B (mm)	23,5	24	29	36	43	57	70	84	110	131	164																																																																																						
C (mm)	37	37	39,5	54	57,5	74,5	80,5	96,5	117	129	143																																																																																						
D (mm)	80	80	80	113	113	137,5	137,5	157	197	250	250																																																																																						
E (mm)	10	10	14	18,5	23,5	32	40	50	65	80	100																																																																																						
Presión (Kg/cm²)	50	50	30	30	30	30	30	25	18	16	14																																																																																						
Uds. caja	12	12	15	8	8	4	2	2	1	1	1																																																																																						

**Taula 4.11. Característiques vàlvula de bola**




Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica

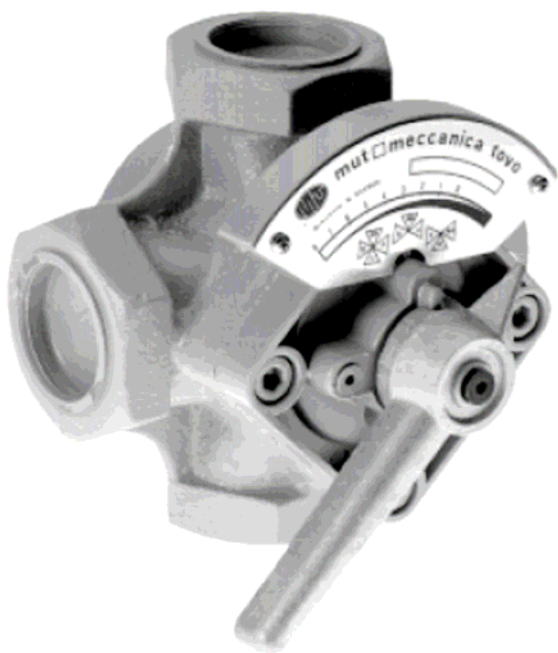


Universitat de Lleida


Jordi Fillat i Sobrino

<b>NOM:</b> Vàlvula de seguretat	<b>MARCA:</b> Salvador Escoda
<b>CODI:</b> VS-1 VS-2	<b>MODEL:</b> 1 1/4"
<b>FUNCIÓ:</b> Evitar que la pressió del circuit assoleixi valors perillosos	
<b>DADES TÈCNIQUES:</b>  Temperatura màxima de treball: 150 °C  Camp de regulació: 2 a 8 bar	<b>ESQUEMA/IMATGE</b>  

**Taula 4.12. Característiques vàlvula de seguretat**

<b>NOM:</b> Vàlvula 3 vies	<b>MARCA:</b> Salvador Escoda
<b>CODI:</b> VQ-1	<b>MODEL:</b> MUT
<b>FUNCIÓ:</b> Barrejar les aigües d'anada i tornada del circuit del terra radiant	
<b>DADES TÈCNIQUES:</b> Temperatura màxima de treball: 110 °C Pressió màxima de treball: 6 bar Possible acció manual de la vàlvula	<b>ESQUEMA/IMATGE</b> 

**Taula 4.13. Característiques vàlvula de 3 vies**

<b>NOM:</b> Servomotor per a vàlvula mescladora	<b>MARCA:</b> Salvador Escoda
<b>CODI:</b> -	<b>MODEL:</b> SM 103
<b>FUNCIÓ:</b> Barrejar les aigües d'anada i tornada del circuit del terra radiant	
<b>DADES TÈCNIQUES:</b> Tensió: 230 V 50 Hz Carrera: 90° Temperatura ambient: -10 °C a 50 °C Pes: 1,4 kg	<b>ESQUEMA/IMATGE</b> 

**Taula 4.14. Característiques servomotor**




Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

<b>NOM:</b> Manòmetre	<b>MARCA:</b> Salvador Escoda
<b>CODI:</b> M-1 M-2	<b>MODEL:</b>
<b>FUNCIÓ:</b> controlar la pressió de la instal·lació	
<b>DADES TÈCNIQUES:</b> Temperatura de funcionament: -20 °C fins 60 °C	<b>ESQUEMA/IMATGE</b> 

**Taula 4.15. Característiques manòmetre**



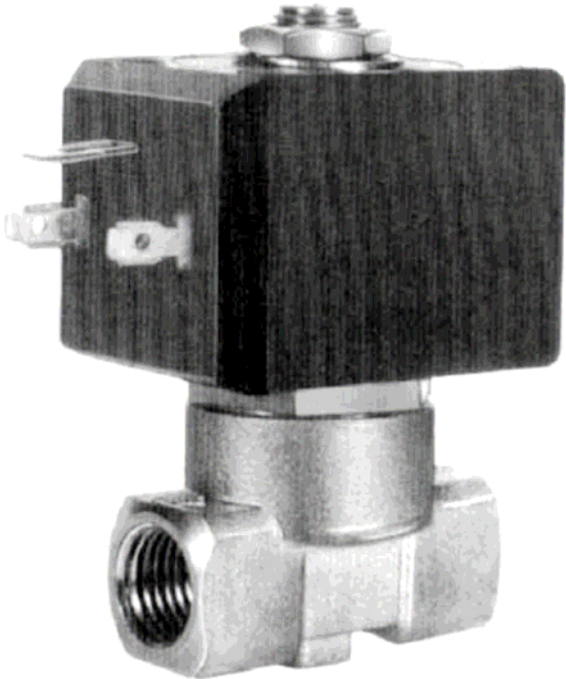
Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

<b>NOM:</b> Detentor	<b>MARCA:</b> Salvador Escoda
<b>CODI:</b> de DT-1 a DT-7	<b>MODEL:</b> PM 146NC
<b>FUNCIÓ:</b> deixar circular o no el fluid caloportador cap al circuit de calefacció, segons les ordres que arribin del termòstat	
<b>DADES TÈCNIQUES:</b> Consum: 6 W Temperatura de treball: de 5 °C a 88 °C Temperatura ambient màxima: 50 °C	<b>ESQUEMA/IMATGE</b> 

Taula 4.16. Característiques detentor



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

## 5. ESTAT D'AMIDAMENTS





Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

## **Índex de l'estat d'amidaments**

Índex de l'estat d'amidaments .....	217
5.1. Relació de partides .....	218
5.2. Estat d'amidaments per partides .....	219
5.2.1. Partida 1: Circuit primari .....	219
5.2.2. Partida 2: Circuit secundari .....	219



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

## 5.1. Relació de partides

La relació de partides amb la que s'ha dividit l'estat d'amidaments i el pressupost es correspon a l'agrupament d'elements del mateix circuit:

- Partida 1: Circuit primari (energia geotèrmica), incloent la bomba de calor.
- Partida 2: Circuit secundari (terra radiant)



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

## 5.2. Estat d'amidaments per partides

### 5.2.1. Partida 1: Circuit primari

ELEMENT	Quantitat	Unitat
Bescanviador geotèrmic	1	ut
Anticongelant propilenglicol HARTGARD	40,5	L
Canonada polietilè 32 mm SAIP	10	m
Manòmetre NORGREN de 0 a 10 kg	1	ut
Vàlvula de seguretat de molla, Domedel, de 3 kg	1	ut
Bomba de calor Ciatesa	1	ut
Purgador d'aire VOSS Purg-O-MAT	1	ut
Vàlvula de tall 1 ¼" Salvador Escoda	3	ut

### 5.2.2. Partida 2: Circuit secundari

ELEMENT	Quantitat	Unitat
Vàlvula de tall 1 ¼" Salvador Escoda	7	ut
Sonda de Temperatura PT100 RESOL T28	5	ut
Termòstat de temperatura ambient ROCA TD100	7	ut
Kit de col·lectors per terra radiant Barbi 3 sortides	1	ut
Kit de col·lectors per terra radiant Barbi 5 sortides	1	ut
Caixa metàl·lica per als distribuïdors Barbi 3 sortides	1	ut
Caixa metàl·lica per als distribuïdors Barbi 6 sortides	1	ut
Banda perimetral autoadhesiva Barbi	82,71	m



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

ELEMENT	Quantitat	Unitat
Canonada de terra radiant Barbi 20x1,9	373	m
Panell aïllant amb tetons per terra radiant Barbi	76	m <sup>2</sup>
Manòmetre NORGREN de 0 a 10 kg.	1	ut
Vàlvula de seguretat de molla, Domedel, de 3 kg	1	ut
Vàlvula mescladora 3	1	ut
Servomotor per a vàlvula mescladora	1	ut
Additiu fluidificant Barbi, 30 kg	1	kg
Ciment Portland Uniland, 35 kg	1.300	kg
Rajoles gres 20x20 cm	76	m <sup>2</sup>
Centralita de regulació	1	ut
Canonada de coure 1 1/4" TOTALINE	31,6	m
Colzes de 90° de 1 1/4" TOTALINE	8	ut
T de 1 1/4" TOTALINE	2	ut



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

## 6. PRESSUPOST



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

## **Índex pressupost**

Índex pressupost .....	222
6.1. Preus unitaris .....	223
6.1.1. Preus unitaris partida 1 .....	223
6.1.2. Preus unitaris partida 2 .....	223
6.2. Pressupost per partides .....	225
6.2.1. Pressupost de la partida 1 .....	225
6.2.2. Pressupost de la partida 2 .....	225
6.2.3. Resum del pressupost per partides .....	226
6.3. Pressupost general .....	227



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

## 6.1. Preus unitaris

### 6.1.1. Preus unitaris partida 1

ELEMENT	Unitat	€unitat
Bescanviador geotèrmic	ut	55,00
Anticongelant propilenglicol HARTGARD 25 L	ut	81,48
Canonada polietilè 32 mm SAIP	ut	3,20
Manòmetre NORGREN de 0 a 10 kg.	ut	3,74
Vàlvula de seguretat de molla, Domedel, de 3 kg	ut	39,43
Bomba de calor Ciatesa	ut	6.076,00
Purgador d'aire VOSS Purg-O-MAT	ut	7,1
Vàlvula de tall 1 ¼" Salvador Escoda	ut	13,15

### 6.1.2. Preus unitaris partida 2

ELEMENT	Unitat	€unitat
Vàlvula de tall 1 ¼" Salvador Escoda	ut	13,15
Sonda de Temperatura PT100 RESOL T28	ut	37,93
Termòstat de temperatura ambient ROCA TD100	ut	34,3
Kit de col·lectors per terra radiant Barbi 3 sortides	ut	445,98
Kit de col·lectors per terra radiant Barbi 5 sortides	ut	533,72
Caixa metàl·lica per als distribuïdors Barbi 3 sortides	ut	228,78
Caixa metàl·lica per als distribuïdors Barbi 6 sortides	ut	260,54
Banda perimetral autoadhesiva Barbi 25 m	ut	67,75
Bobina 120 m de canonada de terra radiant Barbi 20x1,9	ut	200,4



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

ELEMENT	Unitat	€unitat
Panell aïllant amb tetons per terra radiant Barbi 12 m <sup>2</sup>	ut	20,76
Bomba de circulació Wilo STAR-RS 25/6 ClassicStar	ut	128,00
Vàlvula antiretorn 1 1/4" Cork	ut	7,01
Manòmetre NORGREN de 0 a 10 kg	ut	3,74
Vàlvula de seguretat de molla, Domedel, de 3 kg	ut	39,43
Vàlvula mescladora 3 vies	ut	49,00
Servomotor per a vàlvula mescladora	ut	134,00
Additiu fluidificant Barbi, 30 kg	ut	101,45
Ciment Portland Uniland, 35 kg	ut	2,45
Rajoles gres 20x20 cm	ut	0,32
Centralita de regulació Honeywell	ut	231,15
Canonada de coure 1 1/4" TOTALINE, tram 5 metres	ut	51,6
Colzes 90° 1 1/4" TOTALINE	ut	3,21
T de 1 1/4" TOTALINE	ut	7,32





Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

## 6.2. Pressupost per partides

### 6.2.1. Pressupost de la partida 1

ELEMENT	Quantitat	Unitat	€unitat	Import (€)
Bescanviador geotèrmic	80	ut	55,00	4.400,00
Anticongelant propilenglicol HARTGARD 25 L	2	ut	81,48	162,96
Canonada polietilè 32 mm SAIP	10	ut	3,20	32,00
Manòmetre NORGREN de 0 a 10 kg.	1	ut	3,74	3,74
Vàlvula de seguretat de molla, Domedel, de 3 kg	1	ut	39,43	39,43
Bomba de calor Ciatesa	1	ut	6.076,00	6.076,00
Purgador d'aire VOSS Purg-O-MAT	1	ut	7,1	7,1
Vàlvula de tall 1 ¼" Salvador Escoda	3	ut	13,15	39,45

### 6.2.2. Pressupost de la partida 2

ELEMENT	Quantitat	Unitat	€unitat	Import (€)
Vàlvula de tall 1 ¼" Salvador Escoda	7	ut	13,15	92,05
Sonda de Temperatura PT100 RESOL T28	5	ut	37,93	189,65
Termòstat de temperatura ambient ROCA TD100	7	ut	34,3	240,10
Kit de col·lectors per terra radiant Barbi 3 sortides	1	ut	445,98	445,98
Kit de col·lectors per terra radiant Barbi 5 sortides	1	ut	533,72	533,72
Caixa metàl·lica per als distribuïdors Barbi 3 sortides	1	ut	228,78	228,78



ELEMENT	Quantitat	Unitat	€unitat	Import (€)
Caixa metàl·lica per als distribuïdors Barbi 6 sortides	1	ut	260,54	260,54
Banda perimetral autoadhesiva Barbi 25 m	4	ut	67,75	271,00
Bobina 120 m de canonada de terra radiant Barbi 20x1,9	4	ut	200,4	801,60
Panell aïllant amb tetons per terra radiant Barbi 12 m <sup>2</sup>	7	ut	20,76	145,32
Manòmetre NORGREN de 0 a 10 kg.	1	ut	3,74	3,74
Vàlvula de seguretat de molla, Domedel, de 3 kg	1	ut	39,43	37,43
Vàlvula mescladora 3 vies	1	ut	49,00	49,00
Servomotor vàlvula mescladora	1	ut	134,00	134,00
Additiu fluidificant Barbi, 30 kg	1	ut	101,45	101,45
Ciment Portland Uniland, 35 kg	38	ut	2,45	93,1
Rajoles gres 20x20 cm	1750	ut	0,32	560,00
Centraleta de regulació Honeywell	1	ut	231,15	231,15
Canonada de coure 1 1/4" TOTALINE, tram 5 metres	8	m	51,6	412,8
Colzes 90° 1 1/4" TOTALINE	8	ut	3,21	25,68
T de 1 1/4" TOTALINE	2	ut	7,32	14,64

### 6.2.3. Resum del pressupost per partides

Partida	Import (€)
<b>Partida 1</b>	10.760,68
<b>Partida 2</b>	4.871,73
<b>TOTAL</b>	<b>15.632,41</b>



Escola Politècnica Superior

Disseny de calefacció amb terra radiant  
d'una casa a l'horta de Lleida mitjançant  
energia geotèrmica



Universitat de Lleida

Jordi Fillat i Sobrino

---

### 6.3. Pressupost general

Partida	Partida 1	Partida 2
<b>Pressupost partida</b>	10.760,68	4.871,73
<b>Benefici industrial (6%)</b>	645,64	292,30
<b>Mà d'obra (20%)</b>	2.152,13	974,34
<b>Base imposable</b>	13.558,45	6.138,37
<b>IVA 16%</b>	2.169,35	982,14
<b>Pressupost general</b>	15.727,80	7.120,51
<b>Pressupost total</b>	<b>22.848,31</b>	

El pressupost total de la instal·lació és de **VINT-I-DOS MIL VUIT-CENTS QUARANTA VUIT AMB TRENTA UN CÈNTIMS**